



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

في فن الطبوغرافيه مقدمه

بسم الله - الغرض من هذا الفن هو رسم المسقط الافقي لقطعة من سطح الارض على
فرخ من ورق مع تبين هيئتها بطريقة واضحة مصطلح عليها
والورقة المرسوم عليها المسقط الافقي المذكور تسمى خريطة
والخرط الطبوغرافية اما كبيرة أو صغيرة فالكبيرة تبين عليها أوضاع المدن والبلاد
الاصلية واتجاهات السكك والانهر وترع الري وهيئة الجبال والتلول والصغيرة تبين
بها زيادة عما سلف ما يوجد بقطعة الارض طبيعيا كان أو صناعيا
فاما الاشياء الطبيعية فهي كالجبال وما يتعلق بها مثل ميولها وأوديتها والمياه وما
يتعلق بها من انحوا والبحر والانهر والبرك وغير ذلك وأما الاشياء الصناعية فهي كالبيوت
والاستحكامات والجوامع والهياكل والجسور والخنادق وحدود المزارع والمدقات
وما نائل ذلك

والخرط سواء كانت كبيرة أو صغيرة تبين عليها النقط الشهيرة لتكون نقطا أصلية للخرطة
أو نقطا ثابتة وذلك كرؤس المنارات والمداخن والمسلات وصلبان النواقيس وما أشبه
ذلك

وحيث ان قطعة الارض المقتضى عمل خريطتها هما كانت قد يوجد بها جبال أو تلال
ويكون بعض جهاتها مرتفعة والبعض منخفضا ومن الضروري بيان ذلك جميعه على
الخريطة انقسم الفن الى جزأين أصليين الاول منهما عبارة عن رسم المسطحات وشرح
واستعمال الآلات اللازمة له والثاني عبارة عن عمل الميزانيات والآلات اللازمة
لها ولنذكرهما بالتعاقب فنقول

(الجزء الاول)

يشتمل على ثلاثة أبواب

الباب الاول

(رسم الخريط والالات التي تستعمل لذلك)

بنيت - رسم المسقط الافقي لقطعة أرض هو عبارة عن قياس المساقط الافقية
للابعد الكائنة بين النقط المختلفة المكونة لقطعة الارض المذكورة ووضع هذه
القياسات على فرخ من ورق بحيث تؤخذ عليه بنسبة معلومة وهذه النسبة هي المعبر
عنها بالمقياس

وحيث ان قطعة الارض المقتضى رسمها مركبة من خطوط مستقيمة وخطوط منحنية
فالخط المستقيم يحدد بنقطتي نهايتيه والخط المنحنى يحدد بجملة نقط تكون متقاربة
من بعضها على قدر الامكان

ولسهولة رسم أى خريطة طبوغرافية يلزم تقسيمها الى أشكال كثيرة الاضلاع تكون
من تبطة بعضها بأن نبتة - نبتة من نقطة معلومة ونتجه نحو اليمين أو اليسار ونعلم آخر كل
اتجاه بوتر الى أن نتوصل الى النقطة الابتدائية فيحدد بذلك شكل كثير الاضلاع
ثم نبتة ثانيا بأحد رؤس الشكل المذكور ونتجه الى احدى الجهتين كما سبق الى
أن نتوصل الى النقطة التي ابتدأنا منها أو الى نقطة أخرى من رؤس الشكل الاول
وهكذا حتى يتم حصر قطعة الارض في أشكال كثيرة الاضلاع تقاس اضلاعها
وزواياها كما سيأتى وتنسب لها النقط القرينة فتتأبر بطها معها بشكل مثلث مع ملاحظة
انقسام الشكل الكلى الى عدة مثلثات بها يسهل ضبط رسم الخريطة

ومن هنا يعلم أنه يلزم لرسم المسقط الافقي لاية قطعة أرض معرفة ماهوآت
أولا - تحديد اتجاه الخطوط المستقيمة على الارض ويسمى ذلك بالتشخيص
ثانيا - قياس أطوال هذه الخطوط ويسمى ذلك بالقياس
ثالثا - النسبة بين الأبعاد المقاسة على الأرض ونظائرها التي تؤخذ على الورق
ويسمى ذلك بالمقياس

رابعا - قياس الزوايا الواقعة بين هذه الاتجاهات
وبذلك ينقسم الباب الاول الى أربعة فصول نذكرها بالتعاقب فنقول

الفصل الاول

في التشخيص

بمبدأ - التشخيص عبارة عن تعيين اتجاه الخط المستقيم الواصل بين نقطتين
معلومتين على الارض وتعمل لذلك قطع طويلة من الخشب أسطوانية أو منشورية
تنتهي من أسفلها بقطع من الحديد دقيقة الطرف تسمى ركيزا وطرفها العلوي يوضع عليه
قطعة من القماش تسمى راية وفائدتها تسهيل مشاهدته من بعد ومجموع ذلك يسمى
شاخصا

ولسهولة مشاهدة الشاخص من بعد وتمييزه وسط المزارع والأشجار وخلافها يملون
باللون الاحمر والايض أو بالايض والاسود وقد يجعل طول كل جزء ملون باحد اللونين
نصف متر لتقاس به الأبعاد الصغيرة عند اللزوم وفي الأشغال الكبيرة تستبدل
الشواخص بياليزات وهي عبارة عن شواخص طويلة (طول الواحدة من أربعة أمتار
الى خمسة) وترتكز على أرجل ذات ثلاث شعب وهذه الشواخص يوضع على أعلاها
رايات كبيرة من قماش أو اقراص رقيقة من معدن ملون لسهولة مشاهدتها من
بعد طويل

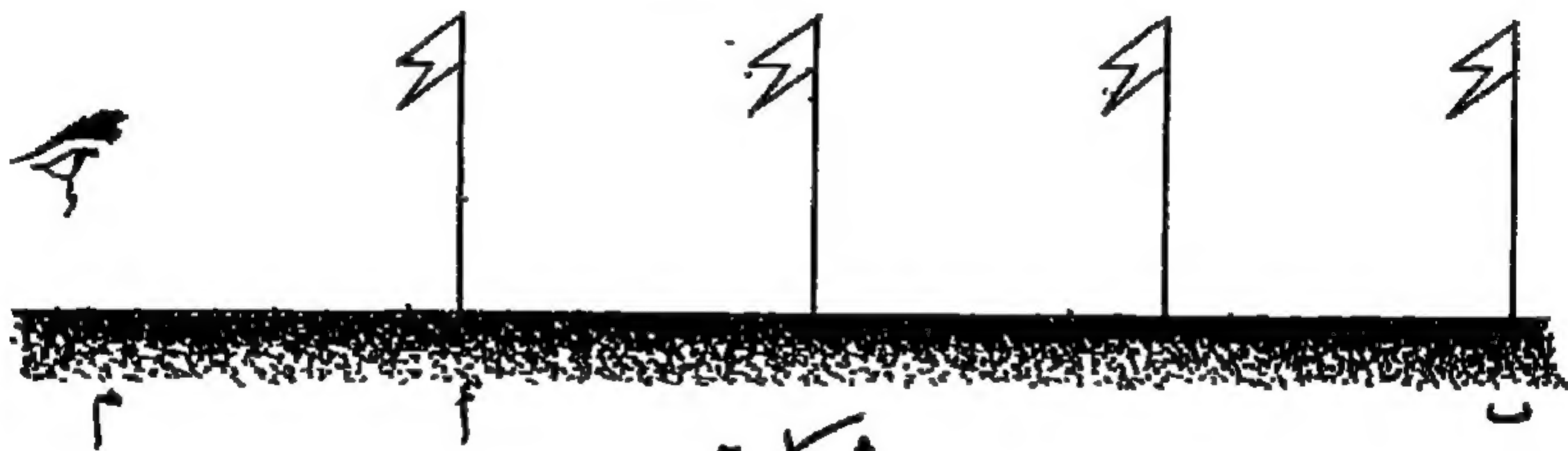
بمبدأ - ولأجل تعيين اتجاه المستقيم الواصل بين نقطتي أ و ب أي تشخيص
المستقيم أ ب على الارض يوجه دحالتان

الحالة الاولى - (شكل ١) اذا كانت نقطة أ تكشف نقطة ب وبالعكس
فيغرس في كليهما شاخص غرسا رأسيا ثم يقف راصد خلف نقطة أ في نقطة مثل م

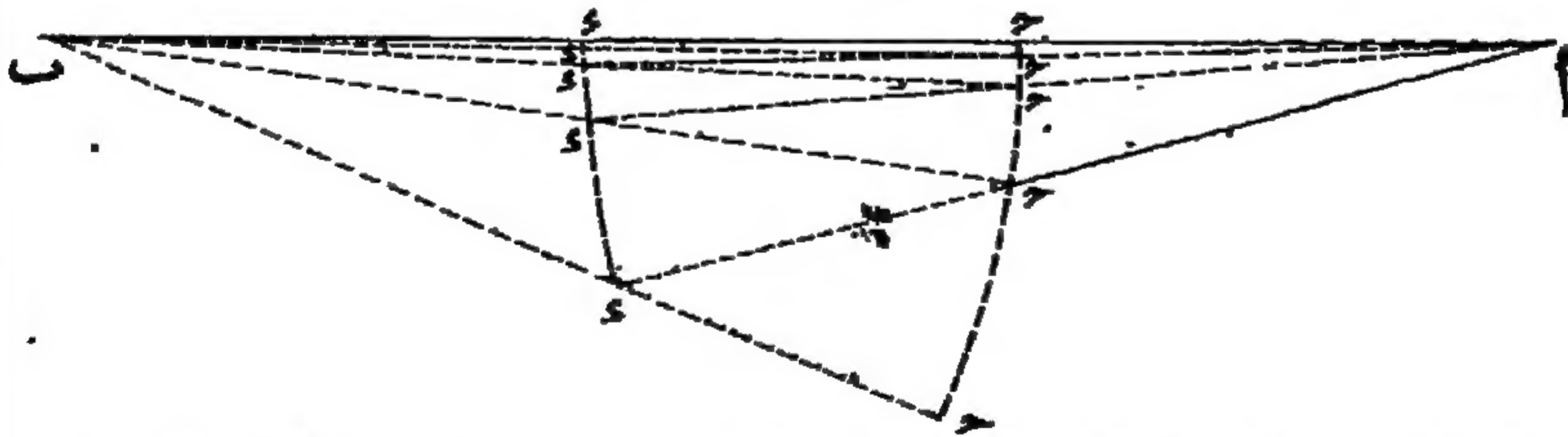
بحيث ان الشاخص الذي أمامه وهو أ يستر عنه الشاخص ب ثم ان المساعد الذي يحمل جلة شواخص يتجه على حسب مستقيم أ ب ومن مسافة الى أخرى يغرس شاخصا غرسا رأسيا بإشارة الراصد الواقف في م الذي يأمره بتثبيت كل شاخص متى ستر عنه الشاخص ب في كل مرة مع كونه يحجب عنه بالشاخص أ وما بعده من الشواخص وبذا يتعين اتجاه المستقيم أ ب

الحالة الثانية - اذا كانت نقطة أ لا تكشف نقطة ب وبالعكس بأن كان بينهما قطعة أرض مرتفعة مثلا فلتشخص الخط أ ب المذكور يلزم مساعدان أحدهما والثاني د (شكل ٢) ويمسك كل منهما شاخصا بحيث يجعله دائما رأسيا ثم بعد وضع علامتين مرتفعتين أو شاخصين في نقطتي أ و ب يقف المساعدان بحيث ان كلا منهما يكشف رفيقه ويكشف نهاية الخط من جهة رفيقه المذكور ثم ان المساعد د يجعل نفسه في حذاء نقطتي د و ب وقتئذ يشير المساعد د

شكل ١



شكل ٢



الى المساعد د بالسير الى اليمين أو اليسار حتى يجعله معه في اتجاه د أ ثم ان المساعد د بعد ذلك يعطى الى المساعد د إشارة أخرى لجعله في اتجاه د ب ويكرر ان هذه العملية مرارا حتى اذا صار أحدهما في اتجاه النقطة المقابلة للآخر كان الآخر في اتجاه النقطة الثانية للمستقيم كما يتضح من (شكل ٢)

وأما إذا كان بين نقطتي أ و ب موانع تحجب النظر كعمارات أو بساطين فيستعان على تشخيص المستقيم بثلاث المساح كما سيأتي

الفصل الثاني في القياس

يستعمل لقياس الأبعاد المتر والمسطرة والجذير والشريط وآلة استاديا وغير ذلك
وسنشرح كلامنا في مباحث فنقول

المبحث الأول

في كيفية قياس الأبعاد المتر والمسطرة المعتادة

بشئ - المتر معلوم أنه جزء من عشرة ملايين من ربع خط نصف النهار الأرضي وهو يحتوى على عشرة ديسيمترات أو مائة سنتيمتر أو ألف ميلليمتر وفي الغالب يستعاض بمسطرة من الخشب المعتدل الألياف مقطعة بمربع وطولها أربعة أمتار ومقسمة إلى ديسيمترات وسنتيمترات وأحيانا ميلليمترات والمتر والمسطرة المذكورة معدان لقياس الأبعاد القصيرة

والقياس أما أن يكون على أرض أفقية أو على أرض مائلة مثلا لأجل قياس خط مثل أ ب (شكل ٣) بواسطة المسطرة المعتادة يلزم ابتداء تشخيص البعد المذكور بموجب (بشئ) ثم يوصل بين الشاخصين الأولين بحبل يشد جيدا ثم توضع المسطرة على اتجاه الحبل المذكور بحيث يكون طرفها على نقطة ب (المعتبرة نقطة ابتداء) وتعلم النهاية الثانية لها بعلامة ح ثم ترفع المسطرة وتوضع على اتجاه الحبل بحيث يكون مبدؤها في نقطة د وتعلم نهايتها الثانية بعلامة د ويستمر العمل على هذا المنوال بنقل المسطرة من وضع إلى آخر مع تغيير الحبل من شاخص إلى آخر بالتعاقب حتى

شكل ٣



يتوصل إلى النهاية الثانية أ من الخط المذكور فان احتوى طول الخط أ ب على

طول المسطرة مرارا صحيحة فاصل ضرب عدد مرات تنقلات المسطرة في طولها يكون طول الخط أ ب وان بقيت مسافة صغيرة أقل من طول المسطرة فتقاس بواسطة تقاسيم المسطرة وتضاف على الناتج المتقدم للحصول على طول البعد أ ب وبالكيفية عينها يمكن قياس البعد أ ب بالتر في حالة عدم وجود مساطر وهذا القياس يجري عادة على الأبعاد الصغيرة الموجودة بأراض أفقية خالية من الموانع

* (تنبيه) *

القياس المذكور آنفا كان جاريا بواسطة مسطرة واحدة أما اذا وجد مسطرتان طولهما واحد فيقاس البعد المذكور بوضع إحدى المسطرتين في اتجاه الخط بحيث تكون نهايتها في نقطة ب ثم توضع المسطرة الثانية بجانب المسطرة الأولى على اتجاه الخط ملاصقة لها بدون أن يحصل اهتزاز للمسطرة الأولى ثم بعد ذلك تنقل المسطرة الأولى وتوضع في النهاية الثانية للمسطرة الثانية بالأسلوب المتقدم ويكرر نقل كل من المسطرتين واحدة بعد الأخرى حتى يتوصل إلى النهاية الثانية من الخط ثم تقدر الأجزاء الصغيرة الأقل من طول المسطرة ان وجدت بتقاسيم إحدى المسطرتين فالبعد الكلي يكون هو حاصل ضرب عدد تنقلات المسطرتين في طول واحدة منهما مضافة إلى الناتج الكسور الأخيرة التي قدرت

المبحث الثاني

في تركيب مساطر كايرو وكيفية القياس بها

يستد - لما كان القياس بالمساطر المعتادة المتقدمة فيه بطء زائد فضلا عن كونه غير مضبوط بسبب عدم وجود الأراضي الأفقية بالضبط وحصول المشقات للقياس التي يسببها يتساهل في تماس المساطر بالتكسيم اخترع موسيو كايرو البكاشي المهندس الفرنسي المسطرة المستقيمة لقياس قواعد الأعمال العمومية والأبعاد المهم ضبط قياسها ضبطا جيدا

والمساطر المذكورة ليس في العمل بها مشقة كالمقدمة بسبب جملها على أرجل بواسطة تجعل في الارتفاع الموافق لقامة من يشتغل بها

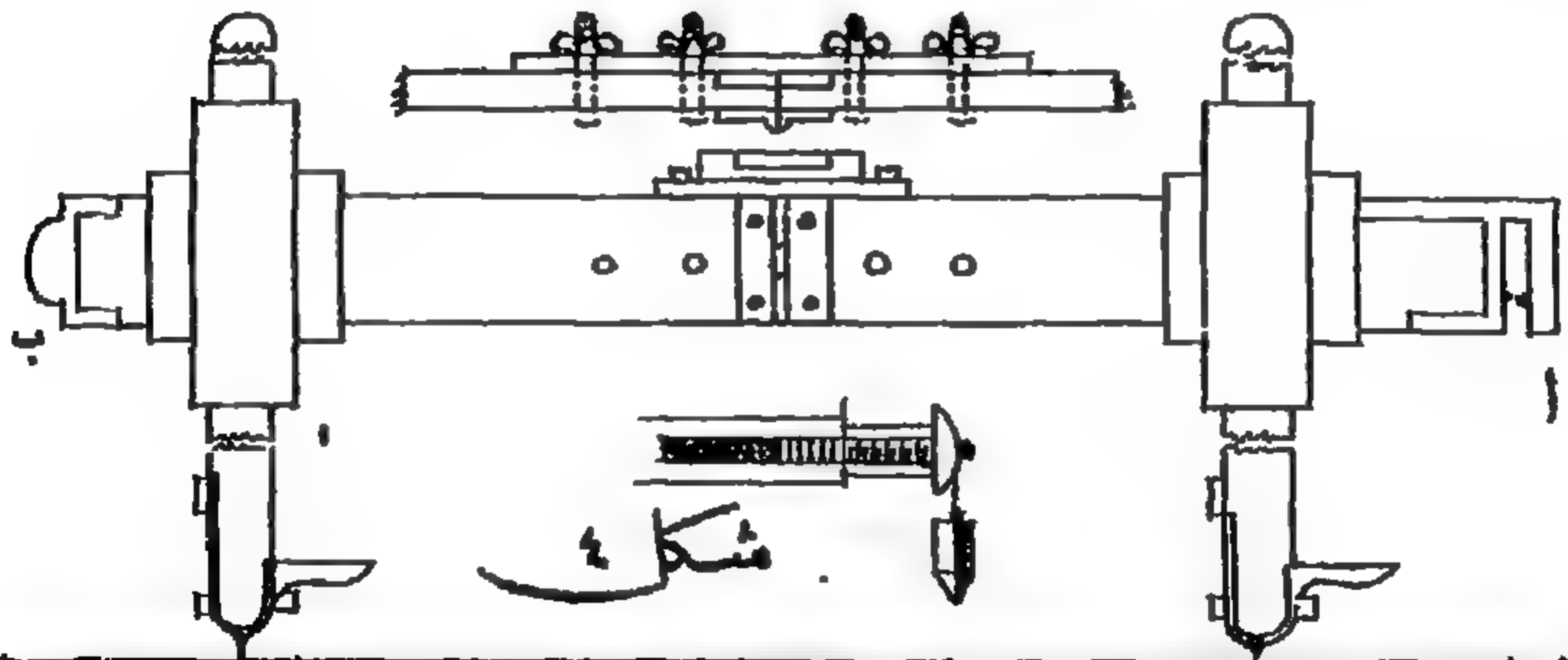
وبالارجل المذكورة توضع المسطرة أفقية لتكون الأبعاد المقاسة بها محولة الى الافق من أول الامر

وتصنع المساطر المذكورة من خشب التنوب المعتدل الاليف وطول المسطرة عادة أربعة أمتار ويمكن جعل طولها خمسة أمتار لسرعة القياس بها ولاجل سهولة حملها تكون مقسومة من وسطها الى قسمين يتصلان بفصلة بواسطة طبق واحد النصفين على الآخر بعد انتهاء العمل ورفعها عن رجليها

وتكون المسطرة المذكورة مقسومة الى ديسيمترات وستيمترات

ويوجد في طرفي المسطرة أسطوانتان من المعدن احدهما أ رأسية بها حزر رأسي يختفي فيه نصف نخانة خيط شاقول والاخرى ب أفقية طولها محسوب من ضمن طول المسطرة وفي نهاية هذه الأسطوانة حزر رأسي أيضا يختفي فيه نصف نخانة خيط الشاقول لكي لا تتقابل الأسطوانتان عند تماسهما الا في نقطة واحدة وبهذه الوسطة يضبط التماس جيدا

وصورة المسطرة المذكورة مبينة (بشكل ٤)

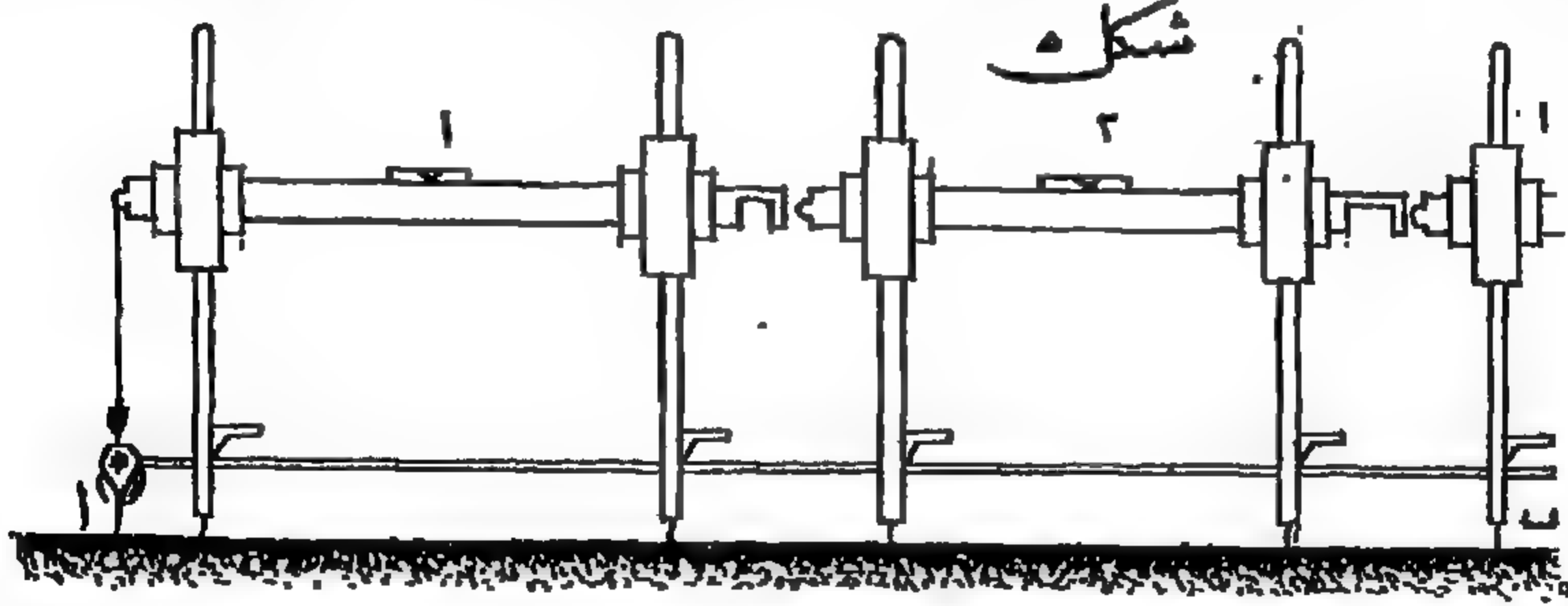


ولاجل منع التصادم عند تماس المسطرتين وقت العمل تجعل الأسطوانة الرأسية أ في كل مسطرة قابلة للتجريك بدون مانع بواسطة لسان مقسم الى ميليمترات طوله من ٥٠ سم الى ٧٥ سم متصلا بهما يتحرك اللسان في افرز من صنوع في نفس المسطرة الى الداخل والى الخارج بواسطة مسامير مقلوطة به طرس يتحرك على قضيب مستن ثم ان هذه المسطرة مجمعة مع أرجلها على زاوية قائمة بواسطة عابيتين مزدوجتين من الحديد والصاج أو أى معدن كان يتحرك داخلهما كل من الارجل والمسطرة بحسب

الارادة (بمعنى ان المسطرة داخله في علبتين أفقيتين وكل علبة منهما تدخل في علبة أخرى رأسية تدخل فيها الارجل) ويمكن تثبيت العلب الرأسية المذكورة مع الرجلين بواسطة مسامير بترعية من أعلى وأسفل كل علبة كما هو مبين (بشكل ٤) كما أنه يمكن تثبيت المسطرة في العلب الأفقية بواسطة مسامير آخر بترعية كذلك توجد بجانب المسطرة

وبهذا التركيب تجعل المسطرة أفقية بواسطة روح تسوية (سيأتي الكلام عليها عند التكلم على الميزانية) توضع على المسطرة ولأجل سهولة تثبيت هذه المسطرة عند العمل قد وضع في الطرف الاسفل من كل رجل من رجلها ركيز من الحديد مثبت فيه لسان أفقي من حديد أيضا ليتكى عليه القياس برجله عند تثبيت المسطرة (كيفية القياس بمسطر كبير على أرض أفقية)

٧ - يستعمل عادة في قياس الأبعاد مسطرتان ويلزمهما أربعة أشخاص قياسين ماهرين وواحد مساعد مهندس يكون مسؤولا عن ضبط القياس وتتمازح إحدى المسطرتين ببنرة ١ والاخرى ببنرة ٢ مثلا اذا كان المطلوب قياس البعد أ ب بهذه المساطر يبدأ بتشخيصه ثم يثبت في اتجاه الشواخص جبل متين مشدود جيدا يتقل من مسافة الى أخرى بملاحظة مساعد المهندس ثم توضع المسطرة الاولى بالبنرة



بنرة ١ بحيث تكون زجلاها على اتجاه الجبل المذكور بالضبط ويكون طرفها الموجهة به الاسطوانة الرأسية أ المتصلة باللسان المتحرك المقسم موجودا تقريبا على الخط الرأسى القائم من نقطة مبدأ المستقيم أى من نقطة أ ثم تجعل المسطرة أفقية بواسطة روح التسوية والارجل ثم يحرك اللسان المثبت في الاسطوانة الرأسية الى أن يمر خيط الشاقول المربوط في نهاية المسطرة بالخط الرأسى المار بنقطة منتصف

وتدقطة الابتداء وهي أ (شكل ٥) ثم يقدر طول اللسان بالسنتيمترات والميليمترات
المرسومة عليه التي صفرها موجود على خيط الشاقول الموجود بالأسطوانة
الرأسية وليكن مثلاً ٠.٤٢ ر. وحينئذ تكون المسافة من مبدأ المسطرة إلى آخرها
هي ٠.٤٢ ر. (باعتبار أن طول المسطرة المستعملة أربعة أمتار) ويلزم أن يعمل لذلك
جدول مكون من ثلاث خانات هكذا

نمر المساطر طول المساطر الكسور المقدرة باللسان

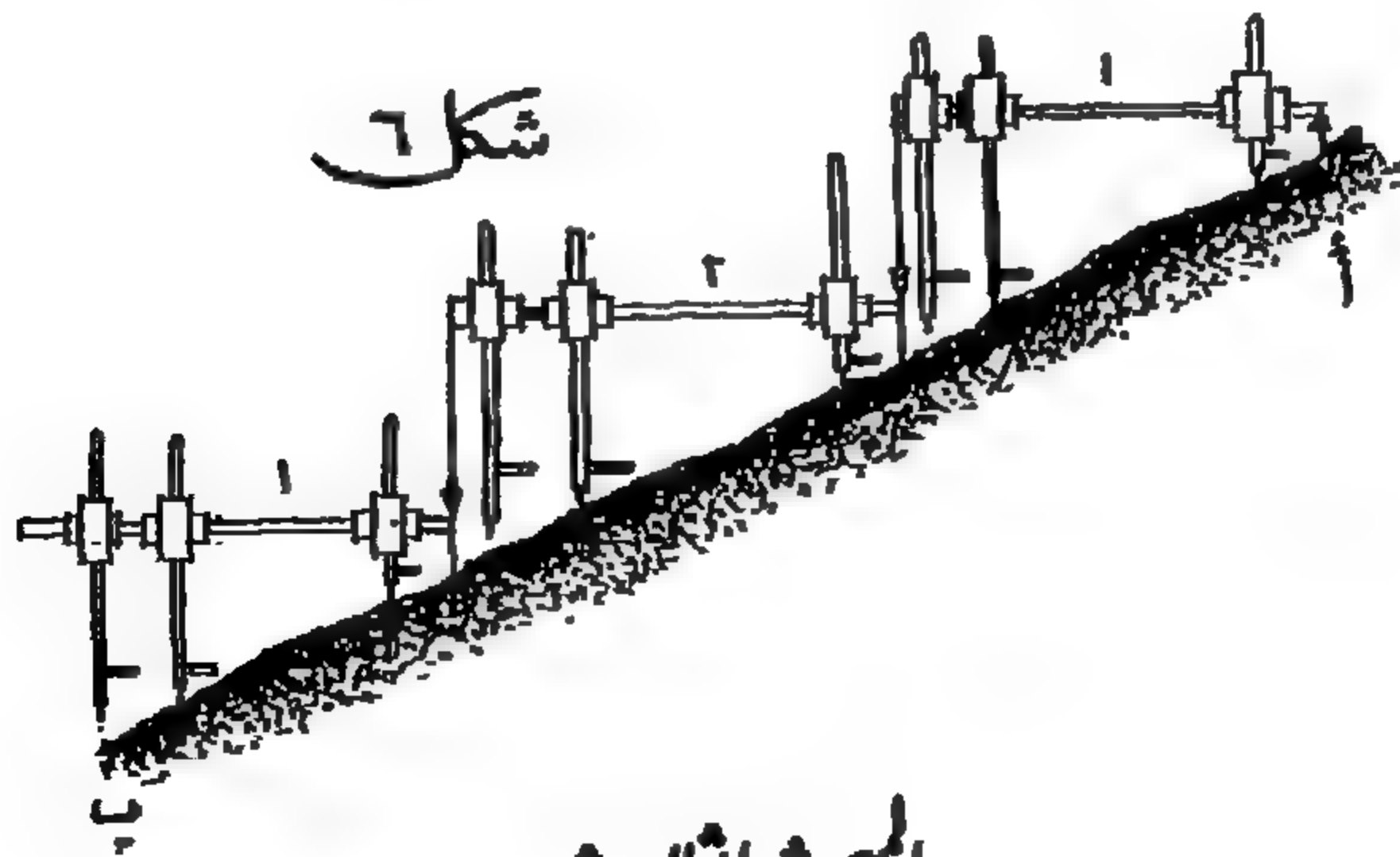
٠.٤٢	٤.٠٠	١
٠.٥٥	٤.٠٠	٢
٠.١٠٨	٤.٠٠	١

ثم تكتب تحت نمر المساطر نمرة ١ ويكتب طولها في الخانة الثانية وهو ٤.٠٠ متر
ثم تكتب الكسور المقدرة باللسان في الخانة الثالثة وهي ٠.٤٢ ر. ثم ان القياسين
المنوطيين بالمسطرة الثانية ياتيان بهما على اتجاه الخط ويثبتان رجلهما على اتجاه الحبل
بحيث تكون متباعدة عن الطرف الامامي لمسطرة نمرة ١ ببعدهم موافق كي لا يحصل
لها اهتزاز أو صدمة (بحيث لو حصل ذلك لازم إعادة العملية) ثم ان مساعد المهندس
يضعها أفقية كما سلف ويخرج اللسان بالاحترا من الى أن يمس طرف المسطرة نمرة ١
ثم يكتب في الخانة الاولى من الجدول عدد ٢ وفي الثانية ٤.٠٠ وفي الثالثة مقدار
الكسور التي قدرت باللسان وتكون ٠.٥٥ ر. متر مثلاً ثم بعد ذلك ترفع المسطرة
نمرة ١ بالاحترا من الزائد جدا بحيث لا يحصل منها المسطرة نمرة ٢ أدنى اهتزاز
(ويسهل رفعها بدون اهتزاز بدخول لسان المسطرة نمرة ٢ بعد تقديره) ثم توضع
أمام المسطرة نمرة ٢ كما سبق ويجري العمل عليها كما سبقها مستمرا على هذا المنوال
بتنقلات المساطر واحدة بعد أخرى الى أن يتوصل الى نهاية المستقيم المراد قياسه
ثم تجمع الخانة الثانية من الجدول والثالثة أيضا ويضاف الناتجان على بعضهما فالخامس
يكون هو طول البعد أ ب المذكور

هذا اذا احتوى البعد أ ب على عدد صحيح من المساطر أما ان بقي جزء صغير فيحسب
طوله بواسطة تحريك خيط شاقول على طول المسطرة الأخيرة الى أن يميز بالعمود والمقام

من نهاية الخط المراد قياسه بمعنى ان النقطة الارضية تكون في المستوى الرأسى المار
بخط الشاقول والعمودى على طول المسطرة فيقزأ قسم المسطرة الموافق لخط
الشاقول ويكتب أخيراً فى الخانة الثالثة ويجمع الجدول كما سبق
(كيفية القياس بمسطرة كبرى على الاراضى المائية)

بـ ٨ - اذا كان الخط المراد قياسه أ ب (شكل ٦) موجوداً فى أرض منخفضة
فيتصادف أنه بقاء المسطرة عمرة ١ مرتفعة فوق نقطة الابتداء أ بارتفاعها الاصلى
يصير طرفها الامامى مرتفعاً عن الطرف المؤخر للمسطرة عمرة ٢ ارتفاعاً زائداً يعضر
منه جعل المسطرتين متماسكتين وفى هذه الحالة يجب خفض المسطرة عمرة ١ حتى
تصير فى وضع يمكن تماس المسطرتين لكن متى كان الانحدار ثابتاً فى جميع امتداد
الخط المراد قياسه فإنه لا يمكن خفض المسطرة المجمولة أساساً ولا رفع المسطرة التالية لها
بارتفاعها والطريقة السهلة العمومية هى أن يعلق خيط الشاقول فى مقدم المسطرة
عمرة ١ وبعد وضع المسطرة عمرة ٢ أفقية يحرك لسانها الى أن يمس خيط الشاقول
المذكور كما يتضح من الشكل وفى هذه الحالة يستعان بنظر مساعد المهندس الذى
يكون متمركزاً على وضع كل مسطرة على ارتفاع لا تثنى بالنسبة للمسطرة التى تأتى بعدها
بحيث لا تكون مرتفعة عنها بارتفاع زائد ويسمى العمل على هذا المنوال الى أن يتوصل
الى النهاية الثانية من الخط المراد قياسه وينشأ جدول كالسابق فى بـ ٧

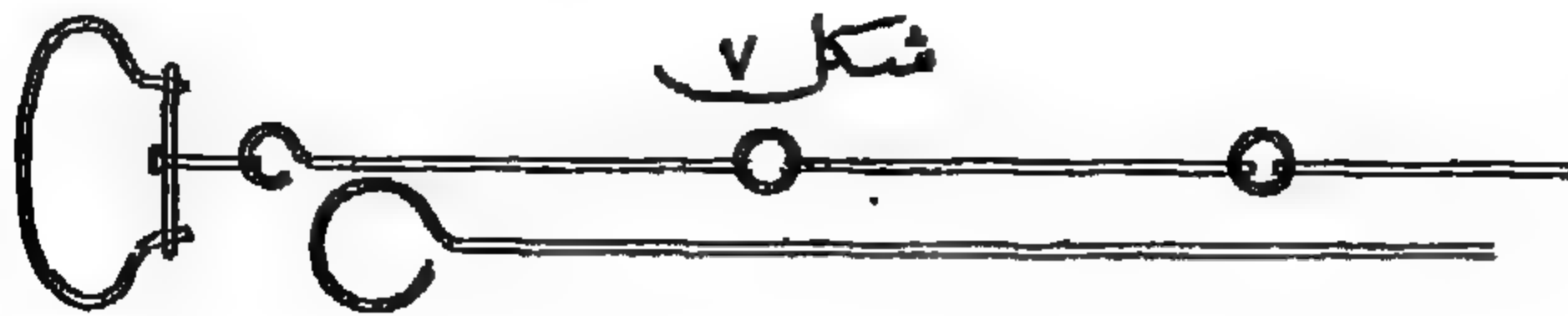


المبحث الثالث
فى الجزير

بـ ٩ - الجزير هو آلة بسيطة بواسطة يمكن قياس البعد بين نقطتين بغاية الضبط

الكافي للاشغال الطبوغرافية

وهو عبارة عن سلسلة من الحديد مركبة من قضبان أسطوانية الشكل قطرها من ٣ الى ٤ ميليمتر متصلة مع بعضها بواسطة حلقات مستديرة كي يمكن تطبيقها على بعضها وجعلها حزمة واحدة لسهولة حمل الجزير ونقله وصورته مبينة (بشكل ٧)



ويجعل عادة طول الجزير عشرة أمتار وفي الغالب عشرون مترا وعندما يكون الجزير مشدودا بلطف يكون البعد بين مركزي كل حلقتين متتاليتين يساوي ٢٠ متر وعلى ذلك يكون بكل متر خمسة قضبان ويكون في الجزير الذي طوله عشرة أمتار خمسون قضيبا وقد جعلت الحلقات الفاصلة بين الامتار وبعضها من النحاس الاصفر لتمييزها وتميز الحلقة الدالة على منتصف الجزير بمسامير صغيرة من الحديد أو النحاس مربوط فيها والجناسير التي طولها عشرون مترا تعلم كل أربعة أمتار بقطعة من النحاس الاصفر بها اشارة أو رقم يدل على بعدها عن مبدأ الجزير

ويختتم القضبان المتطرفان من الجزير بقضبتين من الحديد لسهولة مسكه عند استعماله ويشترط في كل جزير أن يكون طول القبطتين بمافيتهنهما محسوبان من طول الجزير والجناسير المضبوطة يعلم في كل قبضة منها خمسة نصف سمك المسامير بحيث ان طول الجزير يكون هو المسافة بين الجزيرين

ويصحب الجزير احد عشر مسمارا معدة لتعليم نهايات أوضاعه عند ما يراد نقله من ارا متواليه في اتجاه الخط المراد قياسه على الارض وكل مسمار من هذه المسامير عبارة عن قضيب من الحديد سمكه كسمك قضبان الجزير تقريبا وأحد طرفيه مذبذب لسهولة غمره في الارض وطرفه الثاني منحن على شكل حلقة لتمسك المسامير المذكورة وتحفظ من السقوط وقت الشغل وليتكا عليها براحة اليد عند غمرها

(كيفية القياس بالجزير على الاراضى الافقية)

يتلاد - مثلا اذا كان المطلوب قياس البعد أ ب (شكل ٣) يتبدأ أولا بتشخيصه

كما سبق ثم يخصص للقياس بالجزير شخصان أحدهما يسمى القياس الخلقى وهو أمرهما
والثاني يسمى القياس الأماي وكلاهما يمسك الجزير من القبضة التي نحوه بيده
اليسرى والقياس الأماي يمسك المسامير جميعها بيده اليمنى بحيث تكون حلقاتهم إلى
أعلى والاحسن وضع حلقات المسامير بأحد أصابعه

ثم نعلم نقطة البداية وهي أ بوتديغرس في الأرض وتعلم النهاية الثانية ب بشاخص
بغرس فيها غرسا رأسيا ثم يفرد الجزير ويجعل في الاتجاه أب تقريبا ويضع
القياس الخلقى بيده بقبضة الجزير على رأس الوتد بحيث يكون منتصف طرف القبضة
على منتصف الوتد وبشد الشخص الأماي الجزير من قبضته بلطف مع مسكه قريبا
من الأرض متى تحقق القياس المذكوران أن الجزير ليس به عقد قليل طوله وليس
مرتفعاً من وسطه على أحجار أو حشائش فإن القياس الأماي يحنى ويمسك مسماراً
بحيث يكون رأسيا وملا مسالوسط قبضة الجزير ويقف في حذاء الخط بإشارة القياس
الخلقى الذي عند ما يرى أن مسمار الجزير أتى على الخط يأمر الأماي بتثبيته في مكانه
على المسمار براحة يده ثم يقوم الاثنان ويسيران إلى الامام بسيرة متعاد كي لا ينعقد
الجزير إلى أن يأتي القياس الخلقى بمحل المسمار الذي روضه الأماي فيقف القياس
الخلقى ويجعل قبضة الجزير ملاصقة للمسمار ثم يشير إلى الأماي لمحاذاته على الخط
ويأمره بتثبيت مسمار ثان كما حصل في المرة الأولى ثم بعد أن يأخذ القياس الخلقى
المسمار الأول بيده اليمنى ويتحفظ عليه بتوجيه يده إلى الامام ويستمر العمل على هذا
النوال بطرح الجزير مرة بعد أخرى وفي نهاية كل طرحة يأخذ الخلقى المسمار
ويتحفظ عليه حتى تنتهى جميع المسامير التي كانت بيد القياس الأماي فيصير البعد من
نقطة البداية لغاية المسمار الذي قبل الأخير (بفرض أن عدد المسامير أحد عشر)
عشرة طرحات أى مائة متر إن كان طول الجزير عشرة أمتار ومائتين إن كان طول الجزير
عشرين متراً ثم إن القياس الخلقى يتحقق من تعداد العشرة مسامير بيده بعد طرح
الجزير المرة الحادية عشر ووضع المسمار بالأرض ثم يعطيه للقياس الأماي والمسمار
الموجود على الأرض يعد من الدفعة الثانية ويستمر العمل هكذا وكلما أعطى القياس
الخلقى المسامير للقياس الأماي دفعة يأخذ منه علامة أو خروزة إلى أن الخط ينتهى فإن

اشتمل البعد المراد قياسه على طول الجزير ممر اراضيها بضرب عدد العلامات والخرز في عشرة ويضاف الى الناتج عدد المسامير الباقية مع القياس الخلقى والحاصل يضرب في طول الجزيرة والناتج يكون هو طول البعد أ ب وأما اذا بقي جزء بعد الجزيرة الاخير فالقياس الامامي يسكن بقبضته الشاخص ب والخلق يشد الجزيرة من جهته بالملاطقة وبعد الحلقات الصفرة الدالة على الامتار ويضيف اليها ٢٠ متر ممر اراضيها عدد الحلقات الحديد الباقية بعد المتر الاخير وبالجملة يقدر عدد الستيمترات على القضيب الاخير بتطوره ويضيف العدد المذكور الى الناتج المتقدم بمعنى أنه بعد ضرب عدد دفع اعطاء المسامير أي عدد الخرز في عشرة وازدادة عدد المسامير الباقية مع الخلق الى الحاصل وضرب الناتج في طول الجزيرة يضاف الى الحاصل الاخير عدد الامتار وكسورها التي قدرت أخيرا ولنوضح ذلك بمثال رقي فنقول

اذا فرضنا أنه في أثناء القياس أخذ القياس الامامي المسامير من الخلق ثلاث دفع وعند انتهاء قياس الخط وجد مع القياس الخلقى أربعة مسامير وتبقى بعد ذلك بعد قدره القياس الخلقى فوجد ٤,٨٥ أي أربعة حلقات صفرة وأربعة حلقات حديد وربع طول قضيب فيكون البعد المراد قياسه ان كان طول الجزيرة عشرة أمتار هو

طول الجزيرة عدد الدفع عدد المسامير المسامير الباقية اضافة أخيرة

$$١٠ (٣ \times ١٠ + ٤) + ٤,٨٥ = ٣٤٤,٨٥ \text{ متر}$$

(تنبيه)

يجب أن يكون القياسون متدربين على اجراء هذا العمل بالضبط حيث أن القياس أساس ضبط الاشغال ويجب أن يدقق المهندس على القياس الخلقى بعد المسامير عند اعطائها للقياس الامامي كل دفعة كما ان الامامي يفعل ذلك عند أخذها ويدقق عليها أيضا بشد الجزيرة يرشد الاتقا عند كل طرحة وان لا يكون الجزيرة معقدا ولا مرتفعا من وسطه كما وانه لا يكون منحنيا من وسطه ان كان هناك بعض حفر وان ينظر الى القضبان بحيث لا تكون معوجة ويصلح ما يظهر من الاعوجاج وقت العمل وان تغرس المسامير غرسا رأسيا وانه عند تمام قياس كل خط ينظر للحلقات الجامعة للقضبان ربما تكون

انقرت من كثرة شد الجزير أو أخذت شكلا شبيها بالقطع الناقص لان هذا يسبب
ازدياد طول الجزير ولاجل ضبط الاعمال يلزم وضع نقطتين ثابتتين كوتدين على بعد طول
جزير مقاس بجزير محقق طوله وقبل الابتداء في الاشغال يوميا يقارن طول الجزير
بهذه المسافة

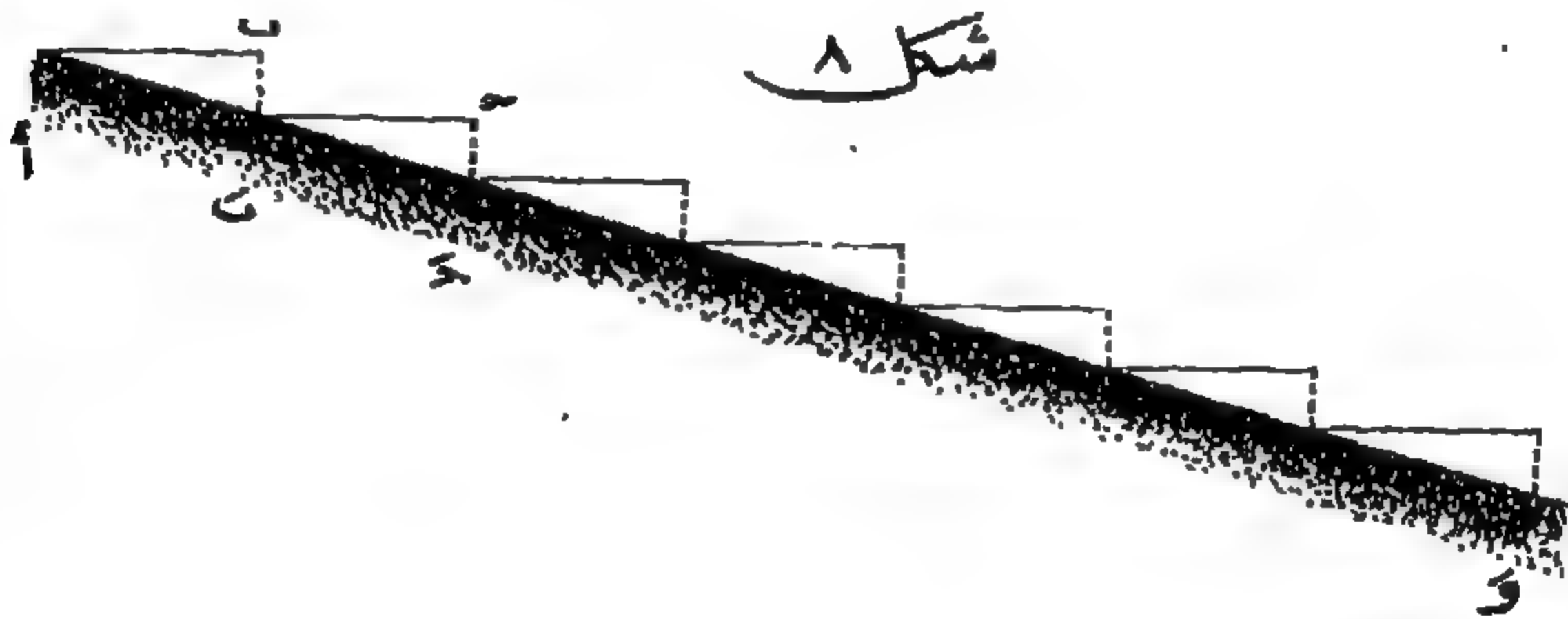
وبعمل الاحتراسات المتقدمة لا يحصل خطأ في القياس أزيد من ذبشتر في كل مائة متر.

(في قياس الأبعاد بالجزير على الارض المائلة)

بالمثل - اذا كانت الارض المطلوب قياس الأبعاد عليها منحدره أي مائلة على الافق

بميل محسوس فيقتضى معرفة الأبعاد اللازمة لقياسها محولة الى الافق

مثلا اذا كان المطلوب قياس بعد مثل أو على أرض مائلة (شكل ٨) فيلزم
في هذه الحالة ان يطبق الجزير نصفين ليسهل شده ووضعها أفقيا ثم توضع إحدى نهايتيه



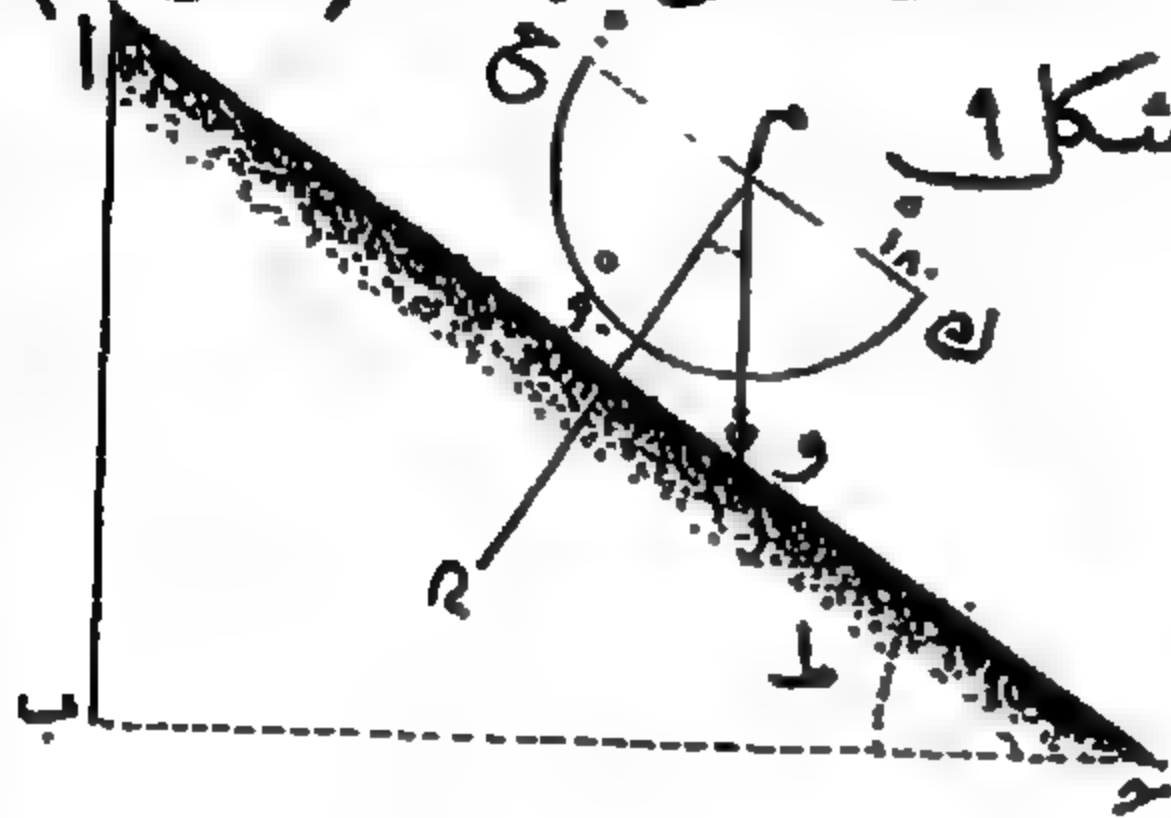
في نقطة الابتداء أ ويشد أفقيا في اتجاه الخط أو ثم تسقط نهايته الثانية (أما بخط
شاقول أو بمسار به ثقل رصاص معد ذلك) في ب أو يشد على شاخص يوضع رأسيا
بالشاقول ثم يعلم محل ركيزه أي ب فيكون الميل أ ب مقدرا على الافق بنصف طول
الجزير وهو أ ب ثم ينقل الجزير وهو مطبق أيضا وتثبت إحدى النهايتين في ب
ويشد أفقيا في اتجاه ب ح وتسقط النهاية الثانية ح في ح على الخط المائل كما تقدم
فاليل ب ح يكون مقداره محولا الى الافق هو ب ح أي نصف طول الجزير
ويستمر العمل على هذا المنوال حتى ينتهي الميل أو فاضل ضرب عدد المسامير في
نصف طول الجزير يكون هو طول الميل أو محولا الى الافق من أول الامر

ولكن

ولكن هذه الطريقة غير مضبوطة بسبب أنه يصعب شد الخنزير بالاستقامة التامة بل يكون على هيئة متحن ولا يمكن جعله أفقياً بالضبط وعند اسقاط النهاية الثانية يحصل اختلاف جزئي ولتجنب هذا الخطأ جميعه يستحسن قياس الميل على حدته مثل القياس على الارض الأفقية ثم يحول الميل الى الأفق بالطريقة الآتية

(طريقة تحويل الميل الى الأفق)

الجد - لأجل تحويل الميل أ ح الى الطول الأفقي ب ح (شكل ٩)



يلزم معرفة مقدار زاوية الميل ط أي الزاوية المحصورة بين الميل والأفق وتعيين هذه الزاوية بأحدى الآلات التي سنشرحها فيما بعد وهنا نبين المبتدئ كيفية قياس هذه الزاوية بواسطة الرق وخيط الشاقول

وذلك أنه يؤخذ الرق ويوضع حرفه ل ح موازياً للميل أ ح ويسهل ذلك بوضع الرق على قائمين متساويي الطول موضوعين رأسياً ثم يمر من مركزه م خيط شاقول فيأخذ الاتجاه الرأسى م و العمودى على الأفقى ح ب والخط م و الواصل من مركز الرق الى نقطة ٩٠ يكون عمودياً على الميل أ ح حيث أنه عمودى على ل ح الموازى له وتكون زاوية وم د الميئة على الرق مساوية لزاوية ط التى هى زاوية الميل بسبب تعامد أضلاعها وحيث يمكن معرفة طول البعد ح ب من مثلث أ ح ب القائم الزاوية ويكون

$$ب ح = أ ح \sin \alpha$$

ولسهولة حساب طول أى ميل محول الى الأفق بعد معرفة زاوية الميل قد عمل جدول مركب من عشر خانات الاولى معنونة بالحرف ط وتحتوى على مقاديرها من ١٠ الى ٤٥ وهى النهاية العظمى للميل المعتبرة والثانية معنونة جتا ط وتحتوى على مقادير المتر الواحد محول الى الأفق أى مقادير جيوب تمام الطبيعية للزاويا الميئة

في الخانة الاولى وأما الثمان خانات الاخر فليست سوى حواصل ضرب اعداد الخانة الثانية في ٢, ٣, ٤, ٥, ٦, ٧, ٨, ٩ .
وبعبارة أخرى فالتسع خانات الاخيرة تعطى الاطوال الافقية المطابقة بالتناظر لثلاثين وثلاثة وأربعة . . . لغاية تسعة أمتار مقيسة بالجنزير على أرض مائلة على حسب الزاوية المدلول عليها في الخانة الاولى وصورة الجدول مبينة في (لوحة ١)
بتأيد - وتوضح كيفية استعمال الجدول المذكور بالمثال الآتي لتفهم سهولة استعماله

إذا فرض أنه قيس بعد على أرض منحدره أي مائلة على الافق بزاوية قدرها ١٣° مثلا وكان طوله ٤١٨ متر فما يكون طول هذا البعد محولا الى الافق

فلذلك يقال انه بالبحث في الجدول عن الخط المحاذي للميل (١٣°) يوجد

في الخانة الخامسة ٤ متر = ٣,٨٩٧٤٨ فيكون ٤٠٠ متر = ٣٨٩,٧٤٨

في الخانة الثانية ١ متر = ٠,٩٧٤٣٧ ويكون ١٠ متر = ٩,٧٤٤

وفي الخانة التاسعة ٨ متر = ٨,٧٩٥

وبالجمع يحدث ٤١٨ متر = ٤٠٧,٢٨٧

ويرى أن البعد ٤١٨ متر في ميل ١٣° يكون مقداره محولا الى الافق هو

٤٠٧,٢٨٧ متر وقس على ذلك

البحث الرابع

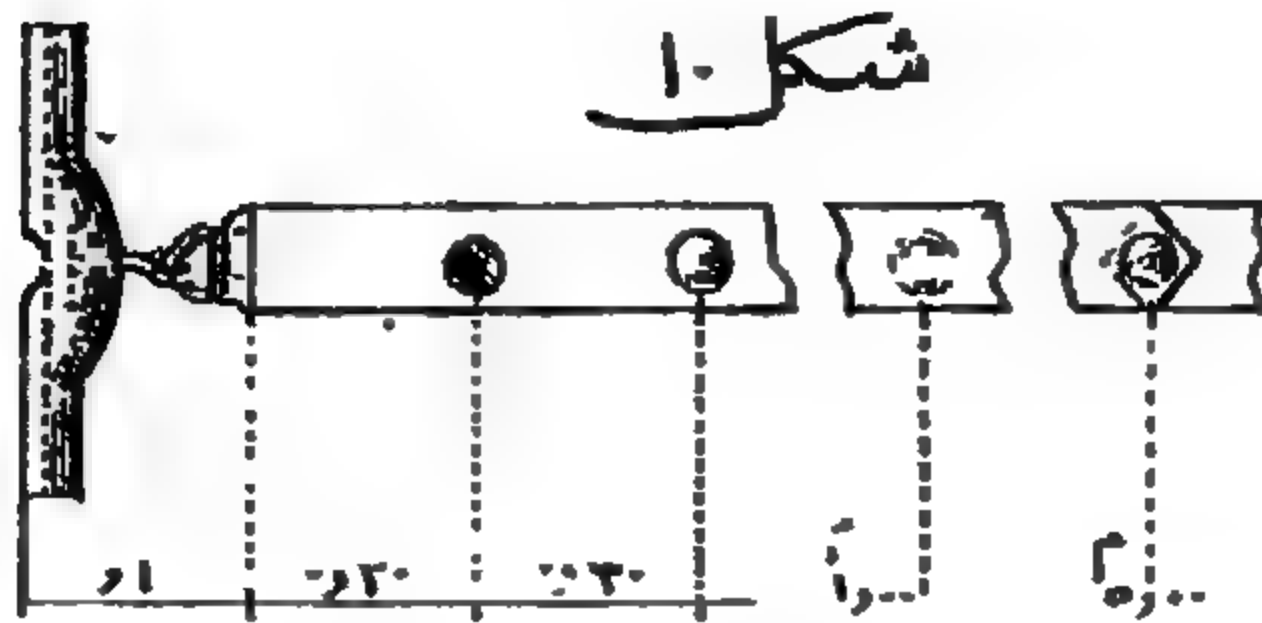
في الشريط الصلب والشريط العادي

بتأيد - قد ظهر من عهد قريب أشرطة من الصلب أو القولا ذو طول الواحد منها عشرة أمتار أو عشرون مترا تستعمل بدل الجنزير في القياس المضبوط حيث ان مقدار عددها قليل عن تعدد الجنازير وفي هذه الأشرطة تعلم النقط الفاصلة بين الأمتار بحلقات من النحاس الاصفر مرقوم عليها بأمثلة المتر وميرشعة في الشريط والقواصل بين الذوبل ديسيمترات معللة أيضا بحلقات أصغر عن الاولى والقواصل بين الديسيمترات معللة بشقوق صغيرة ومتتصف الشريط معلم بحلقة مربعة

(لوحة i)

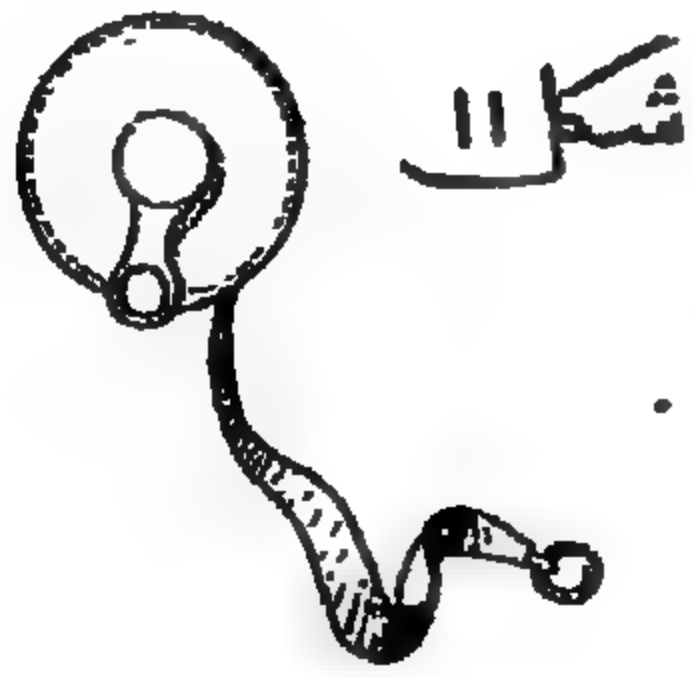
[illegible]

وينتهي الشريط من طرفيه بقبضتين من النحاس الاصفر مصنوع في كل منهما تجويف معد لحجز نصف المسار داخله عند الشغل به أى ان التجويف المذكور يكون مساويا لنصف بدن المسار كما يشاهد من (شكل ١٠)



ويقاس بالشريط الصلب على الأرض الأفقية والمائلة بالطرق الميمنة في البناء وبالد وعادة بعد انتهاء الشغل بالشريط المذكور يلف على قرص من خشب مجوف كالكرة أو على صليب من الخشب قوائمه مجوفة بتجويف مساو لعرض الشريط ثم يربط بجبل رفيع كي لا يتفك

١٥ - يستعمل أيضا في قياس الأبعاد القصيرة شريط عادى من القماش داخل علبة أسطوانية صغيرة يلف على محور يتحرك بواسطة منوية صغيرة خارج العلبة ظاهرة في إحدى قاعدتيها وتفتح العلبة المذكورة بطول أحد راسيها بفتحة تسمح لدخول الشريط وتخرج منها وينتهي الشريط من طرفه بحلقة من النحاس الاصفر كبيرة عن فتحة العلبة لسحب الشريط منها



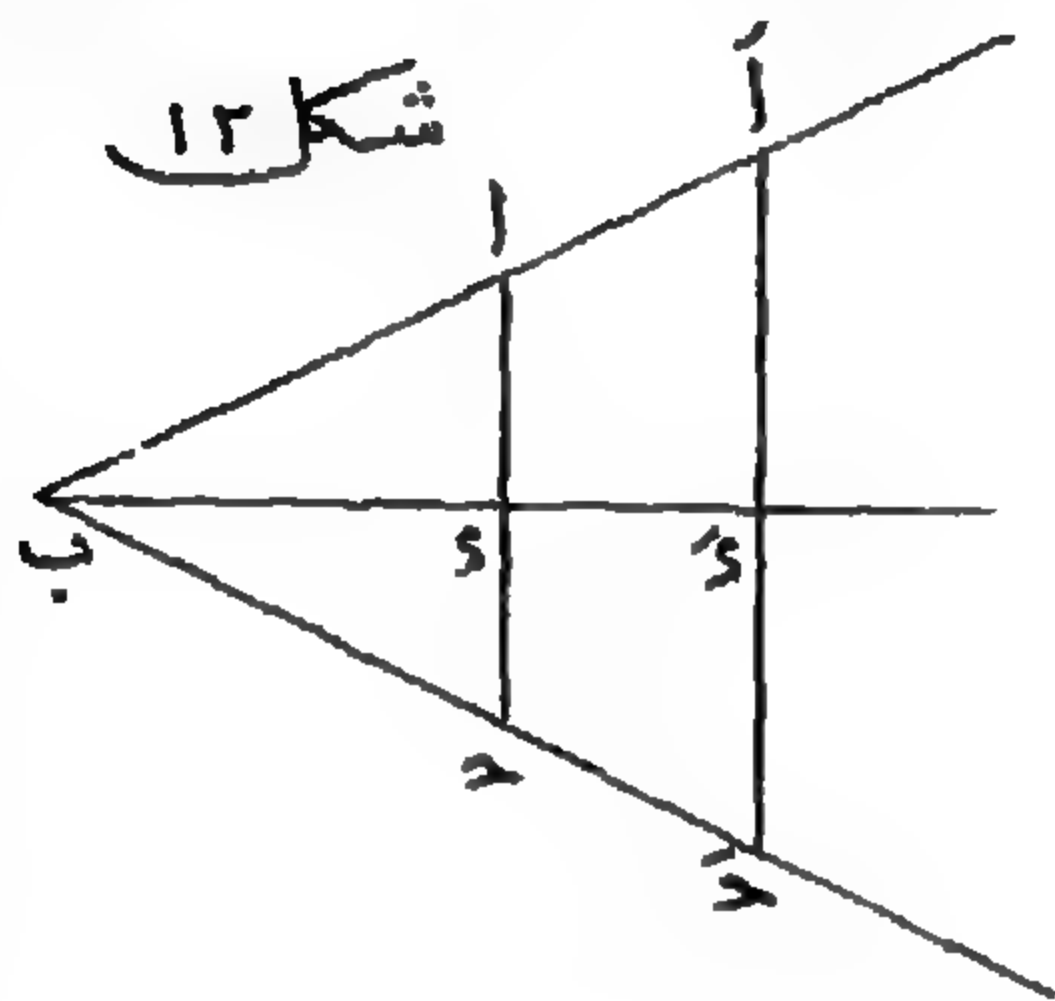
وعدم اختفائه بأكمله داخل العلبة (شكل ١١) واستعمال الشريط المذكور كاستعمال الجنزير في الأشغال الصغيرة وفي العمارات وتتم عليه الامتار باللون الأحمر

والذي يسميات والسنتيمات باللون الأسود وأحيانا يقسم أحدا وجه الشريط تقاسيم مترية ووجهه الثاني يقسم أقداما إنكليزية بين عليه الأقدام باللون الأحمر والبوصات باللون الأسود

المبحث الخامس

آلة استاديا وشرحها واستعمالها

بالمثل - اذا فرضت زاوية ثابتة مثل $\angle \alpha$ حاصرة داخلها مسطرة معلومة
الطول α ح (شكل ١٢) عمودية على اتجاه الخط المنصف للزاوية المذكورة وكان
بعدها عن رأس الزاوية وهو β معلوما فتكون النسبة $\frac{\beta}{\alpha}$ معلومة فاذا



وضعت مسطرة أخرى معلومة
الطول مثل α ح موازية للاولى
بحيث أنها تقصر داخل ضلعي الزاوية
المذكورة فانه بعد معلومية النسبة
 $\frac{\beta}{\alpha}$ يعلم البعد β د لانه من مثالي
 β أ د و β أ د المتشابهين يحدث

$\beta : \alpha :: \alpha : \beta$ و يضرب التالين في ٢ يحدث

$\beta : \alpha :: \alpha : \beta$ أو

$\beta : \alpha :: \alpha : \beta$ (١) ومنه يحدث

$$\beta \times \beta = \alpha \times \alpha$$

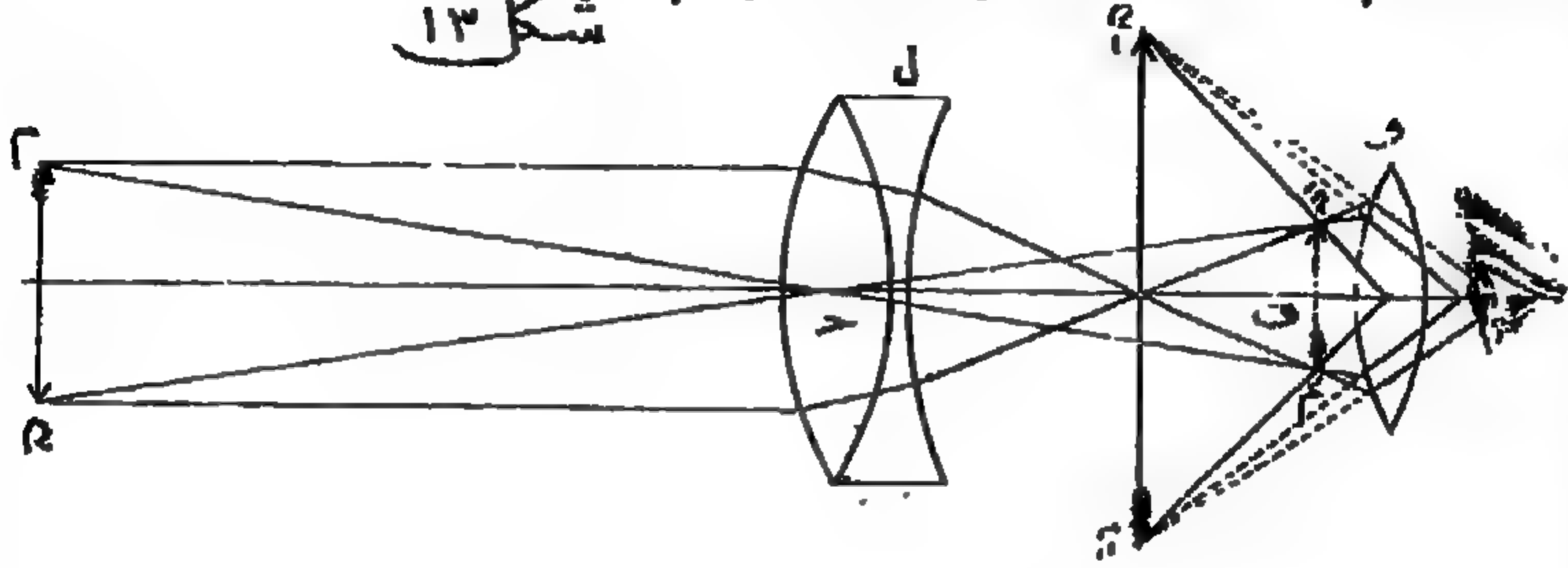
أعني أن بعد أي مسطرة معلومة الطول محصورة بين ضلعي الزاوية المذكورة يساوي
طول المسطرة مضروباً في $\frac{\beta}{\alpha}$

ويمكن أن يعبر عن تناسب (١) بأن يقال

اذا فرضت عدة أشياء (كساطر) ذات أطوال مختلفة ومحصورة داخل زاوية بصرية
ثابتة فان أبعادها عن عين الراصد تكون مناسبة لأطوالها بالتساظر

وقبل التكلم على آلة استاديا يلزمنا معرفة تركيب النظارة من حيث هي فنقول
أن النظارة تتركب من عدستين مجعيتين من الزجاج ملبستين في نهاية أنبوبة من الخشب
الاصفر مسودة من الداخل واحداهاتين الزجاجيتين ل (شكل ١٣) تسمى العدسة

الشيئية أعنى التي توضع جهة الشيء م ٥ مثلا الذي تتكون صورته التصويرية (مقلوبة) في النظارة بتقاطع كافة الاشعة البصرية الآتية منه في نقطة واحدة تصويرية على محور النظارة مثل ف تسمى بالبورة الاصلية للشيئية أو بالنظارة وهذه الصورة المعكوسة م ٥ تكون أصغر جدامن الشيء م ٥ شكل ١٣



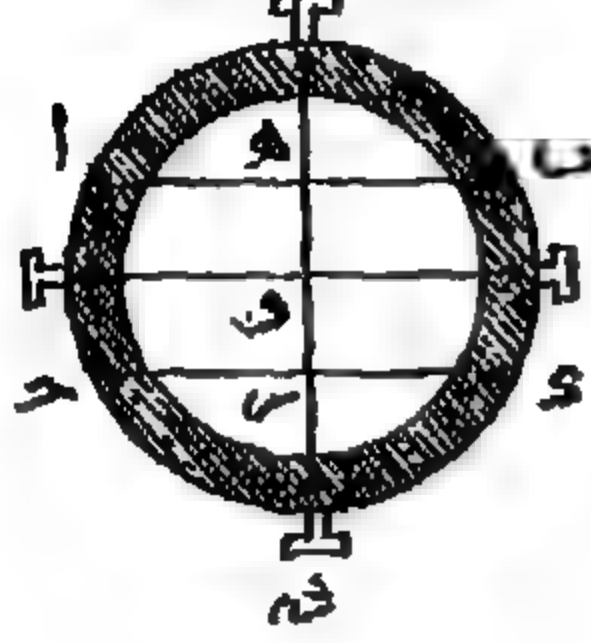
وعكس الصورة المذكورة يترن عليه بالعود
ثم ان الصورة م ٥ تكبر بتظرها بالعدسة الاخرى و المسماة بالعينية الموضوعة في النهاية الثانية من الأنبوبة وتقرب وتبعد من الصورة التصويرية على حسب قوة نظر الراصد بواسطة مجرر مخصوص وهذه العدسة التي توضع بجوار العين تتكون داخلها الصورة م ٥ معظمة في م ٥

ثم انه في النقطة التي تتكون فيها الصورة م ٥ يوضع حامل شعر وهو عبارة عن حلقة من نجاس يثبت عليها شعرتان متعامدتان ونقطة تقاطعهما هي مركز الحلقة ويوجد دائرة الحلقة ثقبين أربعة مقلوبة مجمولة لان يمر بها أربعة مسامير برية يثبت بواسطتها حامل الشعر داخل النظارة

اذا تقر ما ذكر يقال اننا اذا كونا زاوية ثابتة داخل النظارة سواء كان بواسطة دياقراجم (صفيحة معدنية مرسومة عليها الشعرات بخيوط معدنية) موضوع في بورة العدسة الشيئية ومحصور في شبك أحرفه أفقية أو شعرتين أفقيتين فقط موضوعتين في الوضع عينيه في مستو عمودي على محور النظارة فهذه الزاوية تحصر داخلها طولاً طويلاً أو قصيراً من مسطرة أو قامة متر رأسية (سيأني الكلام على القامة متر في الجزء الثاني) تبعاً لكون المسطرة موضوعة على بعد كبير أو صغير من رأس الزاوية

بناء على ما ذكر إذا أخذت نظارة موجوتهم احامل شعر (شكل ١٤) وأثبت عليه شعرتان أفقيةتان متوازيتان أب و ح و على بعدين ه و و متساويين من الشعرة الأفقية المارة بمركزه و وتطريه هذه النظارة

الى مسطرة رأسية على بعد ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا شكل ١٤ ح .
مقيس قياسا مضبوطا فان الجزء من المسطرة المحصور
في اتجاهي الشعاعين البصريين الخارجين من عين
الراصد واحد هما مار بالشعرة أب والاخر مار
بالشعرة ح و يساوي عكس النسبة السابقة مضروبا



في البعد ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا (الذي هو بعد المسطرة عن الراصد) بمعنى ان الجزء
من المسطرة المحصور بين الشعاعين البصريين المار أحدهما بالشعرة العليا والاخر
بالشعرة السفلى يكون هو المقابل لمسافة قدرها ١٥٠ مترا فإذا قسم جزء المسطرة
المذكور الى ١٥٠ جزءا متساوية لكان كل جزء من هذه الاجزاء يقابل بعد مترواحد
وهذا ما يسمى بتدريج المسطرة

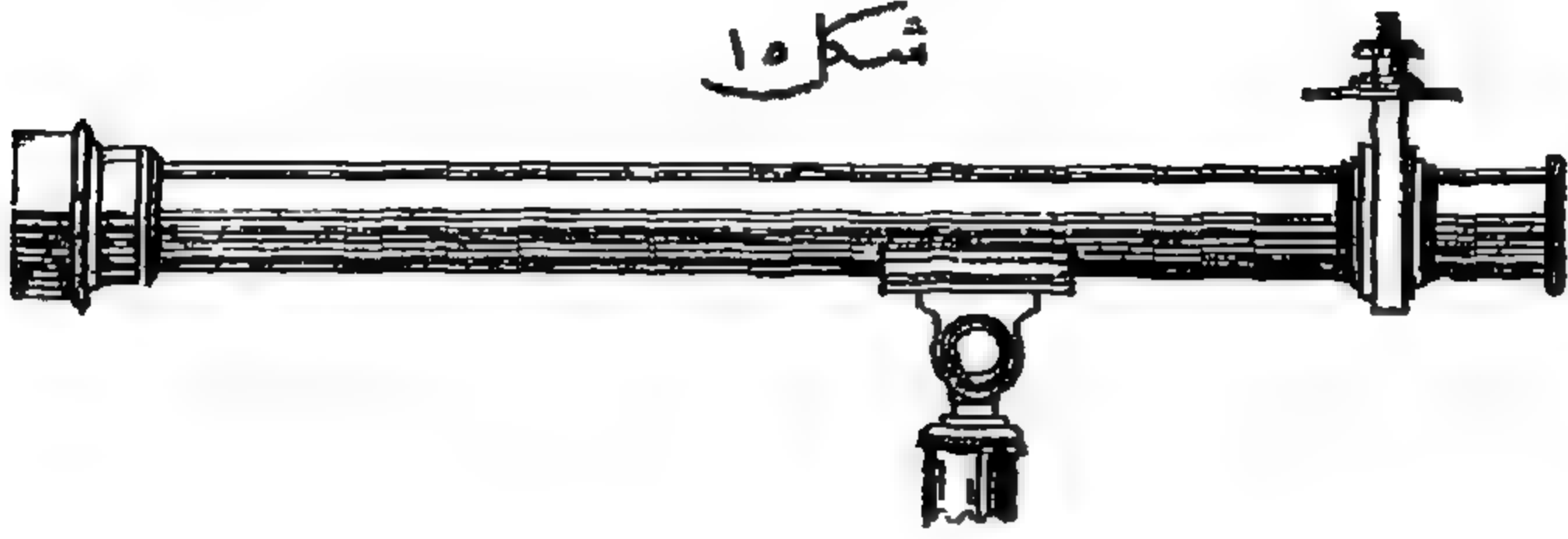
وينتج من ذلك أنه اذا وضعت المسطرة رأسية أمام النظارة على بعد ما فانه يمكن معلومية
هذا البعد بوضع الشعاع المار بأحدى الشعرتين على صفر التقاسيم فالشعاع المار
بالشعرة الثانية يقابل عددا من تقاسيم المسطرة يدل على عدد الوحدات الطولية التي
توجد بين وضع المسطرة والنظارة

وفي العادة تلون المسطرة باللون الأبيض وتبين عليها التقاسيم اما بالاحمر أو بالاسود مع
وضع أعدادا وعلامات بها تسهل قراءة أي عدد عليها

وبالاختصار يقال ان استاديا مركبة من نظارة محمولة على رجل عادية ذات ثلاث شعب
(شكل ١٥) ومكون داخل هذه النظارة زاوية كما تقدم ومصحوب بمسطرة مدرجة
تكون تقاسيمها مطابقة تطابقا تاما لانقراج هذه الزاوية ومدرجة بالكيفية التي

تقدمت بحيث انه عند الشغل بهذه الآلة اذا حصل لاحدى شعرتيها تغير أو قطع بسبب من الاسباب لازم بعد تصليح هذه الشعرة تدريج المسطرة بالثاني ولا يرتكن على هذه الآلة اذا كان بها فرق ولو صغيرا جدا حيث ان ذلك يؤدي الى خطأ جسيم في استعمالها والاحسن أن يعوض حامل الشعر بصفحة من الخشب الاصفر مرسومة عليها شعرات

شكل ١٥



استاديا بنحيط معدنية أو تعوض الشعرات مع حامل الشعر بوضع صفحة من الزجاج منحور عليها أفقيا تقاسيم ميليمترات وكل ميليمتر مقسم الى ثمانية أو عشرة أجزاء متساوية كي يمكن قراءتها وعدّها بغاية السهولة بعد ان تعظم بالعدسة العينية .

ثم انه من المناسب (١) المتقدم يعلم انه اذا نصف التالي الاول فلا يكون المناسب صحيحا الا اذا نصف التالي الثاني أو وضع المقدم الثاني بمعنى ان نصف بعد الشعرتين عن بعضهما يحصر المسطرة على بعد ضعف البعد الذي جرى تدريجها على حسبه وهذا مما يسهل ويسرع القياس بهذه الآلة

(كيفية القياس باستاديا على أرض أفقية)

١٧ - الد - لقياس بعد مثل أب بهذه الآلة يبدأ أولا بتثنيته (بفرض أن الزاوية الثابتة تحصر المسطرة بتمامها على بعد ٢٠٠ متر مع تدريجها على هذا البعد) ثم بعد ذلك توضع استاديا في مبدأ البعد المذكور في نقطة أ (شكل ١٦) ثم يتحرك أمامها على اتجاه الشواخص شخص ويسده المسطرة ممسوكا رأسيا الى ان الشعاعين المارين بالشعرتين العليا والسفلى يحصران المسطرة بتمامها وتتمكن حينئذ المسطرة في نقطة ح فيكون البعد أ ح = ٢٠٠ متر ثم تنقل استاديا في نقطة ح ويتحرك أمامها على اتجاه الشواخص كما سبق حامل المسطرة الى ان تحصر المسطرة بأكملها داخل

الزاوية وتكن في وضع د فيكون بعدد $\delta = 200$ متر ثم يستمر على ذلك الى ان يصل حامل المسطرة لنقطة ب فان انحصرت المسطرة بتمامها حال وضعها في نقطة ب داخل الزاوية فيكون بعدها عن استاديا 200 متر وان لم تنحصر فيقدر البعد بعدد وحدات أجزاء المسطرة المنحصرة في الزاوية

شكل ١٦



ويحصل على البعد أب المذكور بضرب عدد تنقلات المسطرة ما عدا الدفعة الأخيرة في 200 مترو يضاف الى الحاصل عدد الوحدات من المسطرة التي انحصرت داخل الزاوية في الدفعة الأخيرة

* (تنبيهه) *

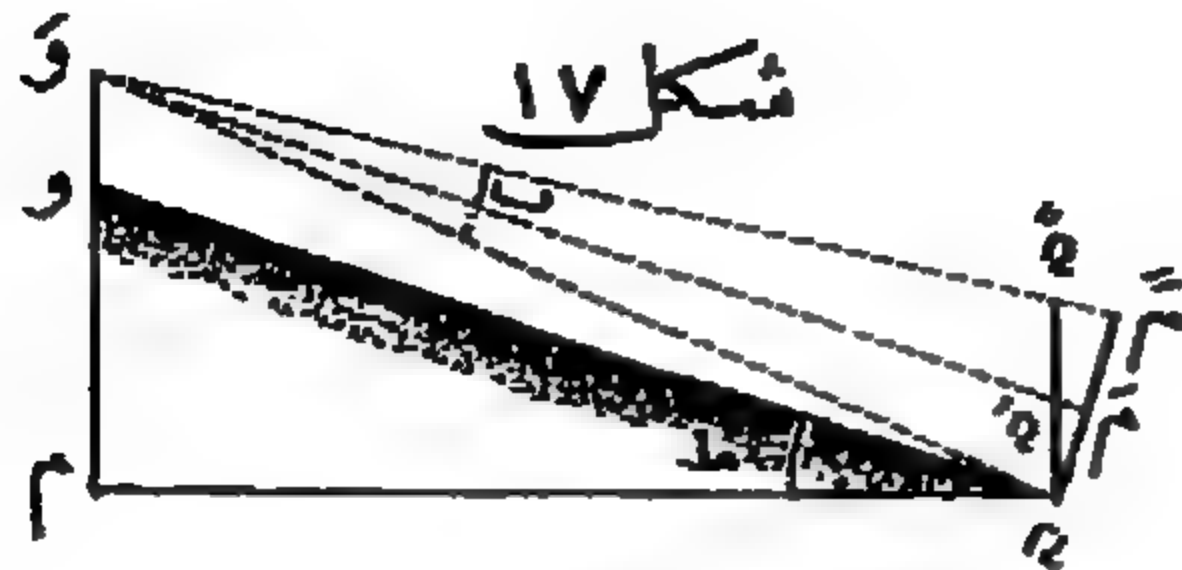
عما تقدم في هذا البند يعلم انه اذا كان تدريج المسطرة جاريا على الخطين النهائيين للصفحة الزجاج وكان المطلوب السرعة في العمل تعتبر الزاوية المحصورة بين الخط المتوسط من الصفحة وبين أحد الخطين المتطرفين وبهذه الكيفية اذا انحصرت هذه الزاوية طول المسطرة كان البعد من استاديا الى المسطرة ضعف بعدها الاصل وهو 200 مترو وبهذه المثابة تكون تنقلاتهم من أربع مائة متر الى أربع مائة متر الا انه يلزم أن يلاحظ أنه كلما كبر البعد قل وضوح المسطرة داخل النظارة ويحصل هناك خطأ جزئي

(كيفية القياس باستاديا على أرض مائلة)

بند ١٨ - ليكن و (شكل ١٧) هو سطح الارض المكون مع الافق م د زاوية ط وان الراصد واقف في و وأن و و هو ارتفاع النظارة فوق سطح الارض فالمسطرة الموضوعة رأسيًا في د على حسب د تكون مائلة بالنسبة لمحور النظارة و د والجزء د المحصور داخل الزاوية البصرية ب يكون أكبر من

المطلوب

المطلوب ويلزم حينئذ تحويله الى $\angle م$ العمودى على سطح الارض $\angle و$ وعلى محور النظارة $\angle م$ ولايجاد النسبة بين $\angle م$ و $\angle و$ نلاحظ ان هذين الطوائن هما ضلعان من المثلث $\angle م$



الذى فيه زاوية $\angle و$ تساوى ط بسبب تعامد أضلاعهما ومن جهة أخرى المثلث $\angle م$ متساوى الساقين وبناء عليه تكون زاوية $\angle م$

تساوى زاوية $\angle و$ $\angle م$ ولكن زاوية $\angle و$ تساوى الزاوية القائمة $\angle ق$ و مطروحاتها $\angle و$ و $\angle م$ متوازيان فتكون زاوية $\angle و = \angle ق$ وحينئذ يكون

$$\angle م = 90^\circ - \angle ق$$

ولكن حيث ان الزاوية البصرية ب تكون على الدوام صغيرة جدا فيمكن اعتبار الزاوية $\angle م$ قائمة ويدون خطأ محسوس يمكن اعتبار المثلث $\angle م$ قائم الزاوية فى $\angle م$ ويوضع

$$\angle م = \angle و = جتا ط$$

وهذا هو مقدار الكمية $\angle م$ التى تلزم لحساب الطول الحقيقى $\angle و$ ليس $\angle و$ الذى رصد مباشرة

وهذا الحساب سهل بواسطة ما تقدم وبواسطة القاعدة الاساسية لاستاديا وذلك بملاحظة أن البعد $\angle م$ مثلا المطابق للقراءة $\angle و$ تكون نسبته الى البعد الحقيقى $\angle و$ الذى يطابق قراءة $\angle م$ كالنسبة بين $\angle و$ و $\angle م$ أعنى

$$\begin{aligned} \angle و : \angle م &:: \angle و : \angle م \\ \angle و : \angle م &:: \angle و : \angle م \\ \angle و : \angle م &:: 1 : جتا ط \\ \angle و &= \angle م جتا ط \end{aligned}$$

ولكن البعد الحقيقي الافقى المبحوث عنه م د الذى نرعى اليه بالرمز د يساوى
و د جتا ط وحينئذ يكون

$$د = د جتا ط$$

ويستنتج من ذلك أنه لتحويل بعد مقيس باستاديا على أرض مكنونة مع الافق زاوية
حيثما اتفق الى الافق يلزم أن يضرب هذا البعد فى مربع جيب تمام زاوية الميل
وقد وضعنا بالجدول (لوحة ٢) الذى يلزم عند استعمال استاديا لحساب جيوب
التمام مباشرة

واستعماله مشابه لما بيناه فى كيفية استعمال الجدول المختص بالقياس بالجنزير على
الاراضى المائية ولنوضح ذلك بالمثال الآتى

نفرض أنه صار قياس بعد على أرض مائلة بميل مساو ١٥ بواسطة استاديا وكان مقداره
هو ٨٢٧ مترا ويراد تحويل هذا البعد الى الافق
فنجد الجدول فى سطر ١٥ يرى أن

$$٨ \text{ متر} = ٧,٤٦٤٥٦ \text{ وحينئذ } ٧٤٦,٤٦ = ٨٠٠$$

$$٢ = ١,٨٦٦١٤ \text{ وحينئذ } ١٨,٦٦ = ٢٠$$

$$٧ = ٦,٥٣$$

$$\text{ويكون المسقط الافقى للبعد } ٨٢٧ \text{ هو } ٧٧١,٦٥$$

الفصل الثالث

(فى المقاييس)

المبحث الاول

(تعريف)

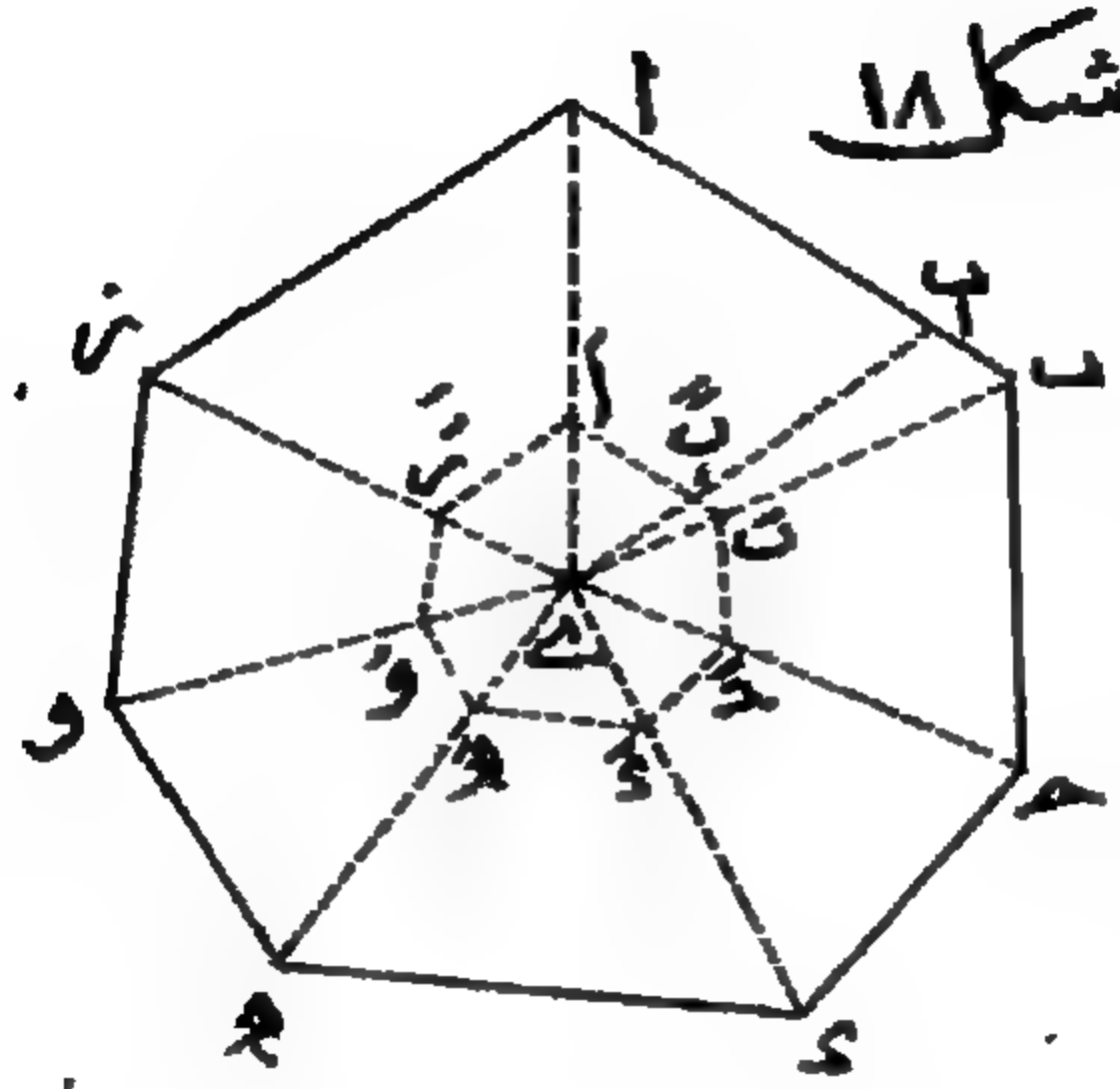
بـ ١٩ - الاشياء التى يراد منها تحتوى عموما على أبعاد كبيرة جدا لا يمكن بيانها
بكبها الحقيقي فلنفرض أ ب ح د هـ و (شكل ١٨) كثير الاضلاع

جدول تحويل الابعاد المقاسة بالاستاديا الى الافق

(لوحة ٢)

الارتفاع	٢ جتا ط	٣ جتا ط	٤ جتا ط	٥ جتا ط	٦ جتا ط	٧ جتا ط	٨ جتا ط	٩ جتا ط
٠	١٠٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	٣٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠	٥٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٧٠٠٠٠٠	٨٠٠٠٠٠
١	٩٩٩٩٠	١٩٩٩٨٠	٢٩٩٩٦٠	٣٩٩٩٤٠	٤٩٩٩٢٠	٥٩٩٩٠	٦٩٩٨٨٠	٧٩٩٨٦٠
٢	٩٩٨٨٨	١٩٩٨٦٨	٢٩٩٨٤٨	٣٩٩٨٢٨	٤٩٩٨٠٨	٥٩٩٧٨٨	٦٩٩٧٦٨	٧٩٩٧٤٨
٣	٩٩٧٧٧	١٩٩٧٥٧	٢٩٩٧٣٧	٣٩٩٧١٧	٤٩٩٦٩٧	٥٩٩٦٧٧	٦٩٩٦٥٧	٧٩٩٦٣٧
٤	٩٩٦٦٣	١٩٩٦٤٣	٢٩٩٦٢٣	٣٩٩٦٠٣	٤٩٩٥٨٣	٥٩٩٥٦٣	٦٩٩٥٤٣	٧٩٩٥٢٣
٥	٩٩٥٥٣	١٩٩٥٣٣	٢٩٩٥١٣	٣٩٩٤٩٣	٤٩٩٤٧٣	٥٩٩٤٥٣	٦٩٩٤٣٣	٧٩٩٤١٣
٦	٩٨٩٠٧	١٩٨٨٩٠	٢٩٨٨٦٩	٣٩٨٨٤٩	٤٩٨٨٢٩	٥٩٨٨٠٩	٦٩٨٧٨٩	٧٩٨٧٦٩
٧	٩٨٥١٦	١٩٨٤٥١	٢٩٨٤٣١	٣٩٨٤١١	٤٩٨٣٩١	٥٩٨٣٧١	٦٩٨٣٥١	٧٩٨٣٣١
٨	٩٨٠٦٤	١٩٨٠٦٤	٢٩٨٠٤٤	٣٩٨٠٢٤	٤٩٨٠٠٤	٥٩٧٩٨٤	٦٩٧٩٦٤	٧٩٧٩٤٤
٩	٩٧٥٥٣	١٩٧٥٥٣	٢٩٧٥٣٣	٣٩٧٥١٣	٤٩٧٤٩٣	٥٩٧٤٧٣	٦٩٧٤٥٣	٧٩٧٤٣٣
١٠	٩٦٩٨٥	١٩٦٩٨٥	٢٩٦٩٦٥	٣٩٦٩٤٥	٤٩٦٩٢٥	٥٩٦٩٠٥	٦٩٦٨٨٥	٧٩٦٨٦٥
١١	٩٦٦٦٠	١٩٦٦٦٠	٢٩٦٦٤٠	٣٩٦٦٢٠	٤٩٦٦٠٠	٥٩٦٥٨٠	٦٩٦٥٦٠	٧٩٦٥٤٠
١٢	٩٥٦٧٨	١٩٥٦٧٨	٢٩٥٦٥٨	٣٩٥٦٣٨	٤٩٥٦١٨	٥٩٥٥٩٨	٦٩٥٥٧٨	٧٩٥٥٥٨
١٣	٩٤٩٩٢	١٩٤٩٩٢	٢٩٤٩٧٢	٣٩٤٩٥٢	٤٩٤٩٣٢	٥٩٤٩١٢	٦٩٤٨٩٢	٧٩٤٨٧٢
١٤	٩٤١٤٨	١٩٤١٤٨	٢٩٤١٢٨	٣٩٤١٠٨	٤٩٤٠٨٨	٥٩٤٠٦٨	٦٩٤٠٤٨	٧٩٤٠٢٨
١٥	٩٣٣٠٧	١٩٣٣٠٧	٢٩٣٢٨٧	٣٩٣٢٦٧	٤٩٣٢٤٧	٥٩٣٢٢٧	٦٩٣٢٠٧	٧٩٣١٨٧
١٦	٩٢٤٠٣	١٩٢٤٠٣	٢٩٢٣٨٣	٣٩٢٣٦٣	٤٩٢٣٤٣	٥٩٢٣٢٣	٦٩٢٣٠٣	٧٩٢٢٨٣
١٧	٩١٤٥١	١٩١٤٥١	٢٩١٤٣١	٣٩١٤١١	٤٩١٣٩١	٥٩١٣٧١	٦٩١٣٥١	٧٩١٣٣١
١٨	٩٠٤٥٢	١٩٠٤٥٢	٢٩٠٤٣٢	٣٩٠٤١٢	٤٩٠٣٩٢	٥٩٠٣٧٢	٦٩٠٣٥٢	٧٩٠٣٣٢
١٩	٨٩٣٩١	١٨٩٣٩١	٢٨٩٣٧١	٣٨٩٣٥١	٤٨٩٣٣١	٥٨٩٣١١	٦٨٩٢٩١	٧٨٩٢٧١
٢٠	٨٨٣٠٢	١٨٨٣٠٢	٢٨٨٢٨٢	٣٨٨٢٦٢	٤٨٨٢٤٢	٥٨٨٢٢٢	٦٨٨٢٠٢	٧٨٨١٨٢
٢١	٨٧١٤٨	١٨٧١٤٨	٢٨٧١٢٨	٣٨٧١٠٨	٤٨٧٠٨٨	٥٨٧٠٦٨	٦٨٧٠٤٨	٧٨٧٠٢٨
٢٢	٨٥٩٦٧	١٨٥٩٦٧	٢٨٥٩٤٧	٣٨٥٩٢٧	٤٨٥٩٠٧	٥٨٥٨٨٧	٦٨٥٨٦٧	٧٨٥٨٤٧
٢٣	٨٤٧٣٢	١٨٤٧٣٢	٢٨٤٧١٢	٣٨٤٦٩٢	٤٨٤٦٧٢	٥٨٤٦٥٢	٦٨٤٦٣٢	٧٨٤٦١٢
٢٤	٨٣٤٥٧	١٨٣٤٥٧	٢٨٣٤٣٧	٣٨٣٤١٧	٤٨٣٣٩٧	٥٨٣٣٧٧	٦٨٣٣٥٧	٧٨٣٣٣٧
٢٥	٨٢١٤٠	١٨٢١٤٠	٢٨٢١٢٠	٣٨٢١٠٠	٤٨٢٠٨٠	٥٨٢٠٦٠	٦٨٢٠٤٠	٧٨٢٠٢٠
٢٦	٨٠٧٨٢	١٨٠٧٨٢	٢٨٠٧٦٢	٣٨٠٧٤٢	٤٨٠٧٢٢	٥٨٠٧٠٢	٦٨٠٦٨٢	٧٨٠٦٦٢
٢٧	٧٩٣٩٠	١٧٩٣٩٠	٢٧٩٣٧٠	٣٧٩٣٥٠	٤٧٩٣٣٠	٥٧٩٣١٠	٦٧٩٢٩٠	٧٧٩٢٧٠
٢٨	٧٧٩٦٠	١٧٧٩٦٠	٢٧٧٩٤٠	٣٧٧٩٢٠	٤٧٧٩٠٠	٥٧٧٨٨٠	٦٧٧٨٦٠	٧٧٧٨٤٠
٢٩	٧٦٤٨٦	١٧٦٤٨٦	٢٧٦٤٦٦	٣٧٦٤٤٦	٤٧٦٤٢٦	٥٧٦٤٠٦	٦٧٦٣٨٦	٧٧٦٣٦٦
٣٠	٧٥٠٠١	١٧٥٠٠٠	٢٧٥٠٠٠	٣٧٥٠٠٠	٤٧٥٠٠٠	٥٧٤٩٨٠	٦٧٤٩٦٠	٧٧٤٩٤٠
٣١	٧٣٤٧٤	١٧٣٤٧٤	٢٧٣٤٥٤	٣٧٣٤٣٤	٤٧٣٤١٤	٥٧٣٣٩٤	٦٧٣٣٧٤	٧٧٣٣٥٤
٣٢	٧١٩١٩	١٧١٩١٩	٢٧١٩٠٩	٣٧١٨٨٩	٤٧١٨٦٩	٥٧١٨٤٩	٦٧١٨٢٩	٧٧١٨٠٩
٣٣	٧٠٣٣٧	١٧٠٣٣٧	٢٧٠٣١٧	٣٧٠٢٩٧	٤٧٠٢٧٧	٥٧٠٢٥٧	٦٧٠٢٣٧	٧٧٠٢١٧
٣٤	٦٨٧٣١	١٦٨٧٣١	٢٦٨٧١١	٣٦٨٦٩١	٤٦٨٦٧١	٥٦٨٦٥١	٦٦٨٦٣١	٧٦٨٦١١
٣٥	٦٧١٠١	١٦٧١٠١	٢٦٧٠٨١	٣٦٧٠٦١	٤٦٧٠٤١	٥٦٧٠٢١	٦٦٧٠٠١	٧٦٦٩٨١
٣٦	٦٥٤٥٢	١٦٥٤٥٢	٢٦٥٤٣٢	٣٦٥٤١٢	٤٦٥٣٩٢	٥٦٥٣٧٢	٦٦٥٣٥٢	٧٦٥٣٣٢
٣٧	٦٣٧٨٣	١٦٣٧٨٣	٢٦٣٧٦٣	٣٦٣٧٤٣	٤٦٣٧٢٣	٥٦٣٧٠٣	٦٦٣٦٨٣	٧٦٣٦٦٣
٣٨	٦٢٠٩٦	١٦٢٠٩٦	٢٦٢٠٧٦	٣٦٢٠٥٦	٤٦٢٠٣٦	٥٦٢٠١٦	٦٦١٩٩٦	٧٦١٩٧٦
٣٩	٦٠٣٩٧	١٦٠٣٩٧	٢٦٠٣٧٧	٣٦٠٣٥٧	٤٦٠٣٣٧	٥٦٠٣١٧	٦٦٠٢٩٧	٧٦٠٢٧٧
٤٠	٥٨٦٨١	١٥٨٦٨١	٢٥٨٦٦١	٣٥٨٦٤١	٤٥٨٦٢١	٥٥٨٦٠١	٦٥٨٥٨١	٧٥٨٥٦١
٤١	٥٦٩٥٩	١٥٦٩٥٩	٢٥٦٩٣٩	٣٥٦٩١٩	٤٥٦٨٩٩	٥٥٦٨٧٩	٦٥٦٨٥٩	٧٥٦٨٣٩
٤٢	٥٥٢١٨	١٥٥٢١٨	٢٥٥١٩٨	٣٥٥١٧٨	٤٥٥١٥٨	٥٥٥١٣٨	٦٥٥١١٨	٧٥٥٠٩٨
٤٣	٥٣٤٨٧	١٥٣٤٨٧	٢٥٣٤٦٧	٣٥٣٤٤٧	٤٥٣٤٢٧	٥٥٣٤٠٧	٦٥٣٣٨٧	٧٥٣٣٦٧
٤٤	٥١٧٤٥	١٥١٧٤٥	٢٥١٧٢٥	٣٥١٧٠٥	٤٥١٦٨٥	٥٥١٦٦٥	٦٥١٦٤٥	٧٥١٦٢٥
٤٥	٥٠٠٠٠	١٥٠٠٠٠	٢٥٠٠٠٠	٣٥٠٠٠٠	٤٥٠٠٠٠	٥٥٠٠٠٠	٦٥٠٠٠٠	٧٥٠٠٠٠

أصغر أضلاعه يساوي عشرة أمثاله ونفرض نقطة ما داخله مثل ϵ ونوصل
منها إلى الرؤس المختلفة للشكل بخطوط



أ ϵ ب ϵ ج ϵ د ϵ هـ ϵ ز ϵ - شكل ١٨
الخط ثم نأخذ على كل واحد من
هذه الخطوط كسرا واحدا من
أطوالها وليكن ثلث كل منها فنحدد
النقطة أ ب ج د هـ ز ... الخ فإذا
وصل بينها بخطوط أ ب ب ج ج د د هـ هـ ز ز أ
... الخ فالشكل الحادث

أ ب ج د هـ ز ... يكون مشابها للشكل أ ب ج د هـ ز ... وتكون أضلاع
الشكل الداخل أثلاثا لأضلاع المناظرة لها من الشكل الخارج
فإذا أخذت النسبة الواقعة بين الأضلاع المتناظرة صغيرة على قدر الامكان فان شكل
أ ب ج د هـ ز ... يمكن رسمه على فرخ من ورق ومن ذلك تتكون صورة الشكل
أ ب ج د هـ ز ...

والنسبة الواقعة بين كل ضلعين متناظرين من الشكلين تسمى مقياس الرسم ونتج من
ذلك أن المقياس هو النسبة بين الأبعاد الموجودة بالخريطة وتطابقها على الأرض
وحينئذ إذا فرض أن $ل$ طول ضلع من شكل على الأرض وأن $ل'$ الضلع المناظرة
في الرسم يكون مقياس الرسم هو $\frac{ل}{ل'}$ فإذا جعلت هذه النسبة بسيطة بقسمة حديها على
 $ل'$ حدث

$$\frac{1}{م} = \frac{1}{\left(\frac{ل}{ل'}\right)} = \frac{ل'}{ل}$$

وهذا هو المقدار الرقي للمقياس بفرض $م = \frac{ل}{ل'}$

مثلا اذا كان طول ضلع من الارض مساويا ١٨,٧٥ متر ومقدار المناظر له مساويا ٠,١٥ متر كان المقياس بهذه الصورة

$$\frac{1}{120} = \frac{1}{\frac{18750}{0.15}} = \frac{0.15}{18750}$$

(تنبيه) - من المتساوية $\frac{1}{120} = \frac{1}{\frac{18750}{0.15}}$ يستخرج $\frac{1}{120} = \frac{18750 \times 1}{0.15}$ وكذلك من

ومن هذا يتضح أنه للحصول على ضلع من الرسم ينبغي ضرب طول الضلع المناظر له من الارض في المقياس

ملحوظة - الوحدة الرسمية (في الرسم) والوحدة الطبيعية (المناظرة للرسم في الارض) المستعملتان مقياسا للاضلاع يجب أن تكونا بنسبة واحدة كنسبة هذه الاضلاع لاجل أن تحتويا على عدد واحد من المرات

مثلا اذا فرض أن آ هي الوحدة الرسمية ر آ هي الوحدة الطبيعية يحدث

$$\frac{1}{120} = \frac{1}{\frac{18750}{0.15}}$$

يعني أن الوحدة الرسمية تكون مساوية للوحدة الطبيعية مضروبة في المقياس وهذا ما قلناه آنفا

حيث ان الآلات في العمليات الرسمية لا يمكن بها تقدير الكميات الصغيرة جدا فاضطر الى ترك الاطوال الاقل من ٠.٠٠٠١ ر. بل وأحيانا ٠.٠٠٠٢ ر. وهذا الخطأ الذي يترك في خط من الرسم ينتج عنه خطأ في المناظر له من الارض لانه اذا أخذ بدل آ ب (شكل ١٨) بعد آ ب حدث في الرسم خطأ مقداره ب ب = هـ وهذا يتسبب عنه خطأ ب ب = هـ في الضلع الارضي آ ب المناظر له

وحينئذ من المفيد البحث عن مقدار هـ في حالة اهمال الكميات الرسمية التي هي أصغر من هـ ولذلك يقال

$$\text{تقدم ان } هـ = هـ \times \frac{1}{120} \text{ ومنها } هـ = م هـ$$

وحينئذ يمكن ترك الكميات الطبيعية الاقل من هـ م ففي المقياس $\frac{1}{125}$ اذا فرض
 ان هـ = ٠,٠٠٠١ يحدث هـ = ٠,٠٠٠١ \times ١٢٥ = ٠,١٢٥
 أعني تحمل الكميات الاقل من سنتيمتر ورابع
 ويمكن أن تترك في قياس الأبعاد الأرضية الكميات الاقل من الخطأ الرسمي مضروبة
 في مقام المقياس

ولاجل تجنب الحساب المستعمل لتعيين أطوال أضلاع الرسم يرسم شكل هندسي تبين
 فيه مباشرة الأطوال الرسمية المقابلة للأطوال الحقيقية وهذا الشكل يسمى المقياس
 الرسمي أو المقياس فقط ويجب أن يحتوي هذا المقياس على بعض اعداد من مضاعفات
 وتقاسيم الوحدة الرسمية ويرسم هذا الشكل بصورتين الاولى المقاييس ذات الشبكات
 (أى التى على هيئة شبكة) والثانية المقاييس المرسومة على خط واحد

المبحث الثانى

كيفية انشاء المقاييس ذات الشبكات

بمثال - نفرض أن م الطول الدال على الوحدة الرسمية فتؤخذ هذه الكمية
 بالتعاقب على مستقيم غير محدود من ص مرارا ونخرج عليها بالابتداء من النقطة
 الثانية ٠,١, ٢, ٣, الخ ثم من نقطة المبدأ أ يقام العمود أب على المستقيم المذكور
 (شكل ١٩) وعلى هذا العمود تؤخذ عشرة أجزاء متساوية كل منها مساو للطول



الاختياري ثم يرسم من كل نقطة من نقط التقاسيم مستقيماً يوازي مستقيم من ص
 ويقام من النقطة ٠,١, ٢, ٣, الخ أعمدة تقابل ب ع ثم تقسم الوحدة الاولى
 أ ط من جهة الشمال الى عشرة أجزاء متساوية ثم يوصل بين نقطة ب والقسم التاسع

ويرسم من النقط ٨، ٧، ٦، ٥، ٤ خطوط موازية لخط ب ٩ ثم تنسج الخطوط
الموازية لخط م ص من واحد الى عشرة كما يشاهد في (شكل ١٩)
ومتى رسم المقياس بهذه الصورة لم يبق علينا الا توضيح ما تدل عليه الخطوط المختلفة
المكتونة له ولذلك نقول

ان الاقسام الافقية التي على بين الصفين تدل على الوحدات الرسمية وتقديرها الوحدة
أعني من صف الى واحد يساوي الوحدة مرة واحدة ومن صف الى اثنين يساوي الوحدة
مرتين ومن صف الى ثلاثة يساوي ثلاثة أمثال الوحدة وهلم جرا

وأما الاقسام التي على يسار الصف رأى من صف الى ١ فان كل قسم منها يدل على عشر
الوحدة بمعنى انه من صف الى ١ يساوي ١٠ الوحدة ومن صف الى ٢ يساوي
٢٠ الوحدة وهكذا وتقدر ستيمترات الوحدة بالكيفية الآتية

مثلا اذا أردت معرفة طول بعد ٦ يقال انه بالتأمل في مثلث ه ط ح يرى
أن ٦ يوازي قاعدته ه ح ويحدث

$$٦ : ٦ :: ٦ : ط ح$$

ولكن ط ٦ = $\frac{٦}{٦}$ ط ح فيكون ٦ = ستة أعشار ه ح وكان
ه ح = $\frac{١}{٦}$ ط أ أو ا.ر. الوحدة فيكون ٦ = $\frac{٦}{٦}$ ه ح = $\frac{٦}{٦}$ ط أ
أو ٠.٦. وبمثل ذلك يرى أن الخطوط الموازية لخط ه ح المحصورة في مثلث ه ط ح
تساوي بالتوالي ٠.١ و ٠.٢ و ٠.٣ و ٠.٤ و ٠.٥ و ٠.٦ و ٠.٧ و ٠.٨ و ٠.٩
بمعنى أنه في أي مقياس من هذا القبيل يمكن اعتبار ثلاثة أنواع من الوحدات وهي
الوحدة وعشرها وجزء من مائة منها

(استعمال مقاييس الشبكات)

يلاحظ - يستعمل المقياس المذكور أولا لاختط طول رسمي (أعني طولاً مقياساً على
الارض يراد أخذ نظيره على الرسم) ثانياً قياس خط من الرسم ولنوضح ذلك بما يأمثلة
(استعمال المقاييس لاختط طول رسمي)

المثال الاول - نفرض أن الطول المطلوب لا يحتوي الا على وحدات وأعشار منها كما

إذا أريد أخذ طول ٢,٤ فنضع إحدى سنتي البيكار على قسم أربعة من خط ط أ
والسنة الثانية على نقطة ٢ من عين الصفر فالطول ر ح المتحصل بهذه الكيفية
يكون مساويا ٢,٤ وهو واضح

المثال الثاني - نفرض أن المطلوب تحويل ٢,٤٦ الى المقياس فنضع إحدى
سنتي البيكار على قسم أربعة من خط ط أ ثم نزلقه بطول الخط العرضي ٤ ك الى
أن نصل الى نقطة ل التي هي نقطة تقاطع الموازي السادس بخط ٤ ك ثم نوضع
السنة الاخرى في نقطة و التي هي تقاطع الخط بعينه بالعمود ت ٢ فالطول ل و
يكون مساويا ٢,٤٦ لأن

ل د = ٠,٤٠ من خاصية الخطوط المتوازية المحصورة بين خطوط متوازية

$$٠,٠٦ = ٦ د$$

$$٢,٠٠ = و ٦ \quad \text{وبالجمع يحدث}$$

$$ل د + ٦ د + ٠,٤٠ = ٢,٤٦$$

وحينئذ علم انه بقضعة واحدة بالبيكار يؤخذ طول محتوي على أنواع الوحدة الثلاثة

(استعمال المقاييس لقياس خط من الرسم)

لقياس خط مثل ع (شكل ١٩) من الرسم تؤخذ قضعة بالبيكار مساوية ع ثم
توضع إحدى سنتي البيكار على أي نقطة من النمر الموجودة على عين الصفر بشرط أن
السنة الثانية تقع بين نقطتي ط و أ ولنفرض أن إحدى السنتين واقعة على نقطة
٢ فينشأ حالتان

الحالة الاولى - اذا وقعت السنة الثانية للبيكار على أحد تقاسيم ط أ بالضبط
تحصل القياس المطلوب مباشرة فاذا فرض مثلا انها وقعت على قسم ٤ من شمال
الصفر يحدث ع = ٢,٤٠

الحالة الثانية - اذا وقعت السنة الثانية للبيكار بين ٤ و ٥ من شمال الصفر فيوضع
البيكار بالتعاقب على الخطوط الموازية لخط م ص مع تحريك السنة اليمنى على خط
ت ٢ الى أن تقع السنة الثانية على ك ٤ بالضبط ولنفرض أن ذلك كان على الموازي
السادس فيحدث حينئذ ع = و ل = ٢,٤٦

فإذا كان الطول اللازم قياسه لا يوجد بالضبط على أحد الموازيات بل يوجد بين موازيين
أحدهما أكبر منه والآخر أصغر منه فيؤخذ مقدارهما على الموازي الاكثر قربا منه
والخطأ الحادث يكون حينئذ مسموحا

ملحوظات

أولا - الطولان م ر المستعملان لرسم المقياس كاتا اختيارين وحينئذ تكون
الأدلة حقيقية دائما مهما كانت المقادير المعتبرة

ثانيا - لفائدة في مثلث أ ب ه فان الأطوال التي يجري قياسها على خط أ ب تكون
مساوية للوحدة ولذلك يصرف النظر عنه دائما

ثالثا - يلزم أن يكون للمقياس امتداد كاف ليتمكن أخذ طول من الرسم دفعة واحدة فان
لم يكن مؤديا لهذا الشرط المهم يجب بالاقبل أن يكون مساويا لنصف أطول خط يمكن
قياسه لانه اذا قيس طول على ثلاث مرات يكون قابلا لان يحتوى على خطأ جسيم
ولنطبق نظرية المقياس المذكور على رسم المقاييس المترية الاكثر استعمالا

(المقاييس المترية)

بند ٢٢ - يؤخذ أحد أجزاء المتر وحدة رسمية ويعين أولا النوع الاصغر ما يمكن من
الوحدة اللازم تقديرها كافي بند ١٨ وتستنتج منها الوحدة الرسمية الأصلية كافي
بند ٢٠ ونوضح ذلك بأمثلة فنقول

المثال الأول - نفرض ان المطلوب رسم مقياس $\frac{1}{1000}$ (شكل ٢٠) فيثبت ان المتر في هذا
المقياس مبين بمقدار واحد ميليمتر فيكون الديسيمتر مبينا بمقدار ١٠٠٠ م. وحينئذ
تكون أصغر وحدات المقياس هي الديسيمتر وتكون وحدات المقياس الثلاث هي

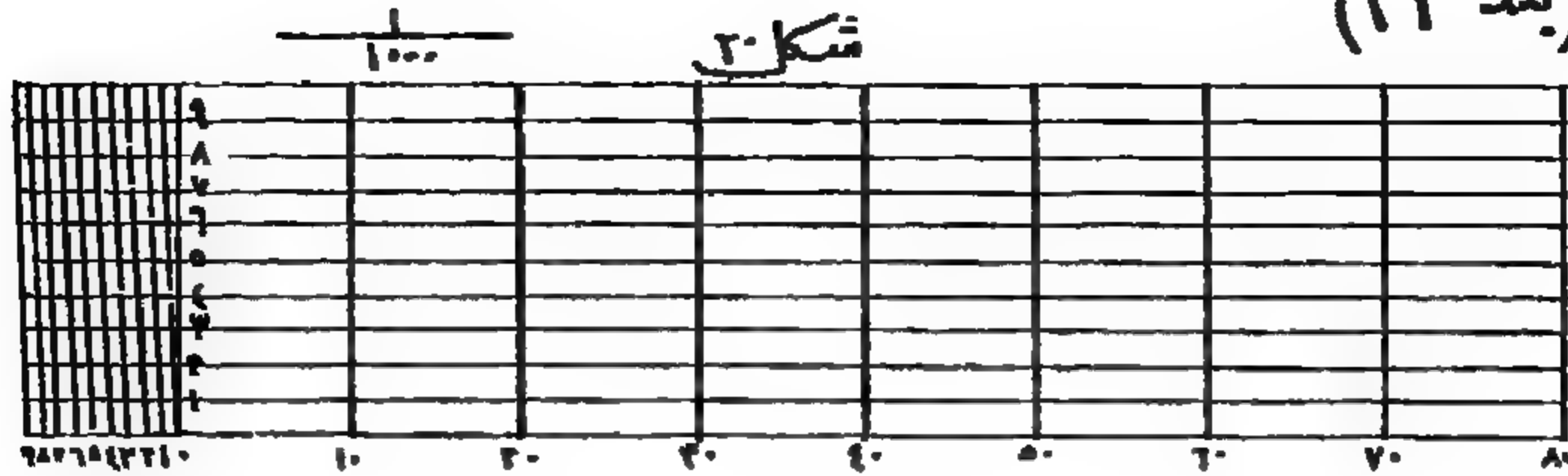
$$١٠ م = ١٠٠٠ م$$

$$١ م = ١٠٠ م$$

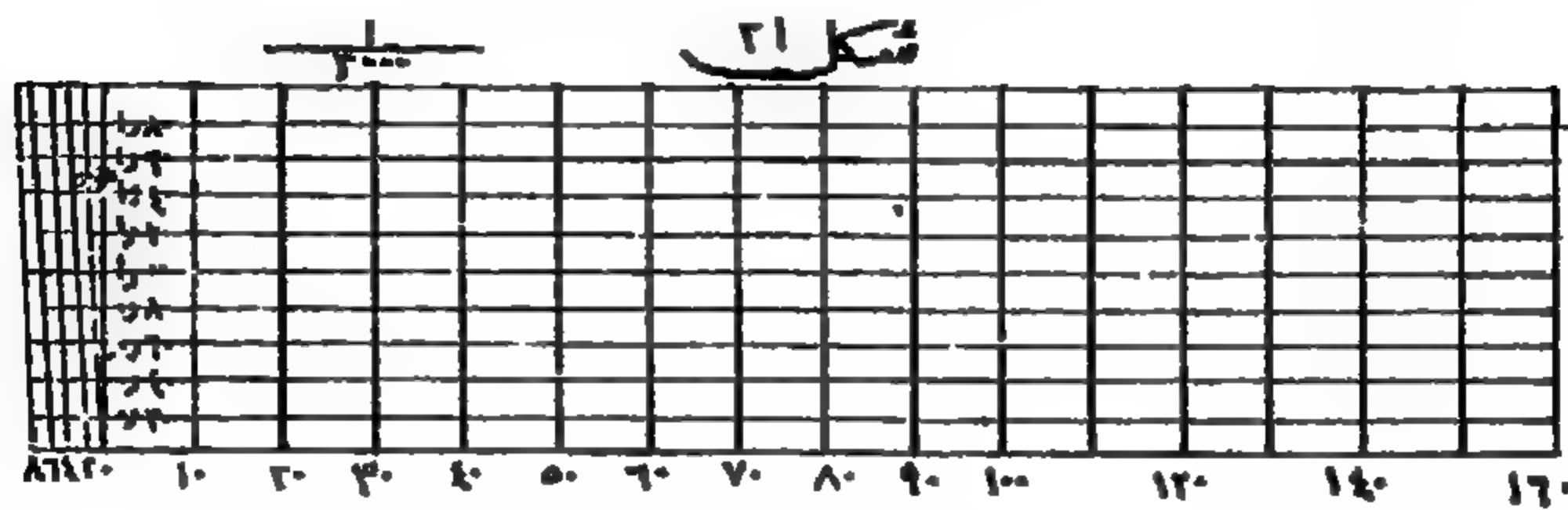
$$١٠ م = ١٠ م \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

ثم يرسم المقياس كما تقدم في رسم (شكل ١٩) بأخذ م = ١٠ م وأما م فإنه
يكون مقدرا بمقدار ٠.٠٢ متر دائما (لاعطاء المقياس منتظرا جيلا) ويترك المقياس

كاهومبين (بشكل ٢٠) وتؤخذ الأطوال الأرضية عليه أو تقاس خطوط الرسم
كافي (بند ٢١)



المثال الثاني - نفرض أن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{3000}$ (شكل ٢١)



فحيث أن المترين من الأرض في هذا المقياس بواحد ميلًا من الورق فيكون
٢ متر = ٠.٠٠٠١ متر وتكون هي أصغر وحدات المقياس
وحدات المقياس تكون هي

$$٢ \text{ متر} = ٠.٠٠٠١$$

$$٢٠ \text{ متر} = ٠.٠٠١$$

$$١٠٠ \text{ متر} = ٠.٠٠٥ \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

وتدل أقسام الوحدة الأصلية التي على يسار الصفر على مترين وأما الديسمترات فإنها
تقدر مثني وبها يتيسر أخذ عدد زوجي من الديسمترات وعدد فردي من الأمتار ويرسم
المقياس كما تقدم في (شكل ٢١) بأخذ م = ٠.٠٠٥ وبه تحويل الأبعاد كما سيأتي
مثلاً إذا أريد تحويل ٢٣٤٠ يوجد أن

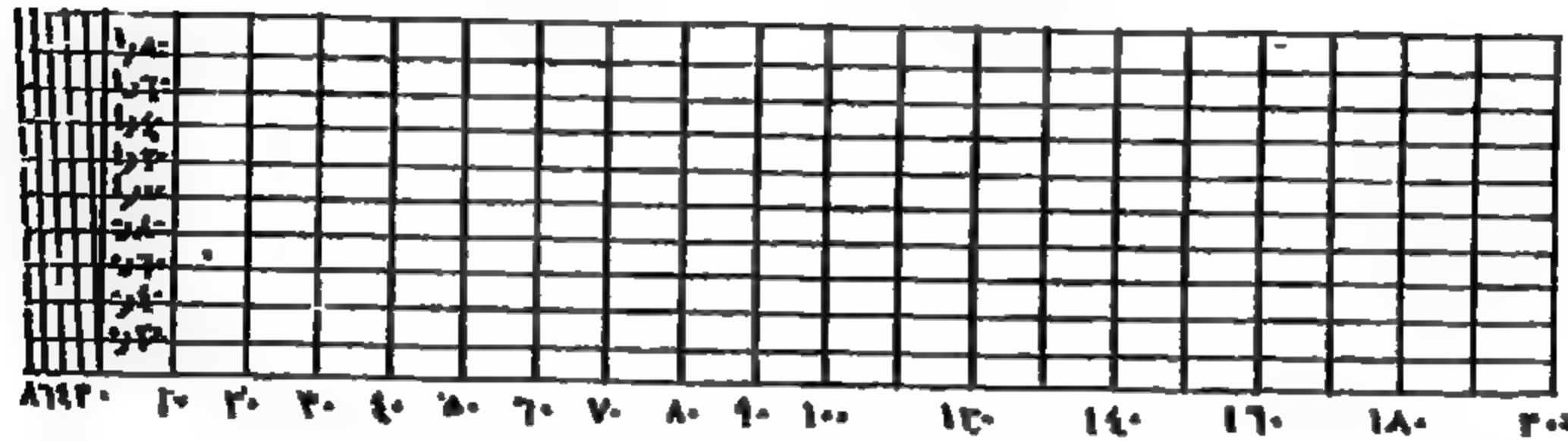
$$٢٣٤٠ = ١٨٠ + ١٤٠ + ٨٠ \text{ أو بأخذ الأعداد يوجد}$$

$$٢٣٤٠ = ٢٠ + ١٤٠ + ٨٠ \text{ متر} = ٢٣٤٠$$

وإذا أريد تحويل ٢٣,٥٠ يؤخذ بالمقياس اما ٢٣,٤٠ أو ٢٣,٦٠ بالاختيار لأن هذين البعدين لا يفترقان إلا بمقدار ٠,٠٠٠١. وحيث أن الخطأ الذي يحدث من أحدهما يساوى ٠,٠٠٠٥ في النهاية العظمى

وبهذه الكيفية يجري العمل في تحويل جميع الأطوال اللازمة تحويلها أو قياسها
المثال الثالث - ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{2500}$ (شكل ٢٢)

شكل ٢٢ $\frac{1}{2500}$



حيث أن كل متر في هذا المقياس ميين بكسر ٠,٠٠٠٤. فيمكن أخذ الوحدات الآتية

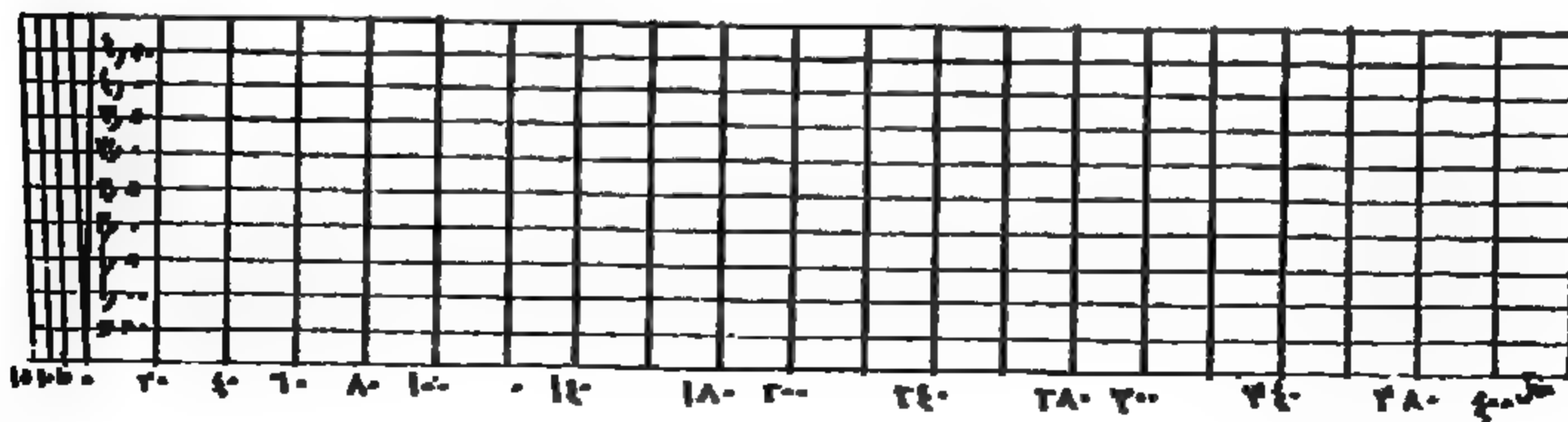
$$٠,٢٥ \text{ متر} = ٠,٠٠٠٠٨$$

$$٢ \text{ متر} = ٠,٠٠٠٨$$

$$١٠ \text{ متر} = ٠,٠٠٤ \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

والوحدة الأصلية من شمال الصفر تنقسم إلى خمسة أجزاء كل جزء منها يساوى مترين وتقدر الديسمترات مثنى وأما الأطوال فانها تؤخذ كما في (شكل ٢١)

شكل ٢٣ $\frac{1}{5000}$



المثال الرابع - ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{5000}$ (شكل ٢٣)

وفي هذا المقياس يبين المتر بمقدار ٠.٠٠٠٢. وتبين ٠.٠٥ متر بمقدار ٠.٠٠٠١. فيؤخذ للثلاث وحدات الأصلية المقادير الآتية وهي

$$٠.٥٠ \text{ متر} = ٠.٠٠٠١$$

$$٥ \text{ متر} = ٠.٠٠١$$

$$٢٠ \text{ متر} = ٠.٠٠٤ \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

والوحدة الأصلية من شمال الصفر منقسمة إلى أربعة أقسام كل منها يبين خمسة أمتار والديسمترات تكون مقدرة من خمسة إلى خمسة والخطأ الحاصل في هذا المقياس يكون أقل من ٠.٠٠٠١

أما إذا أمكن إهمال الكميات الأقل من ٠.٠٠٠٢ فيؤخذ للثلاث وحدات المقادير الآتية

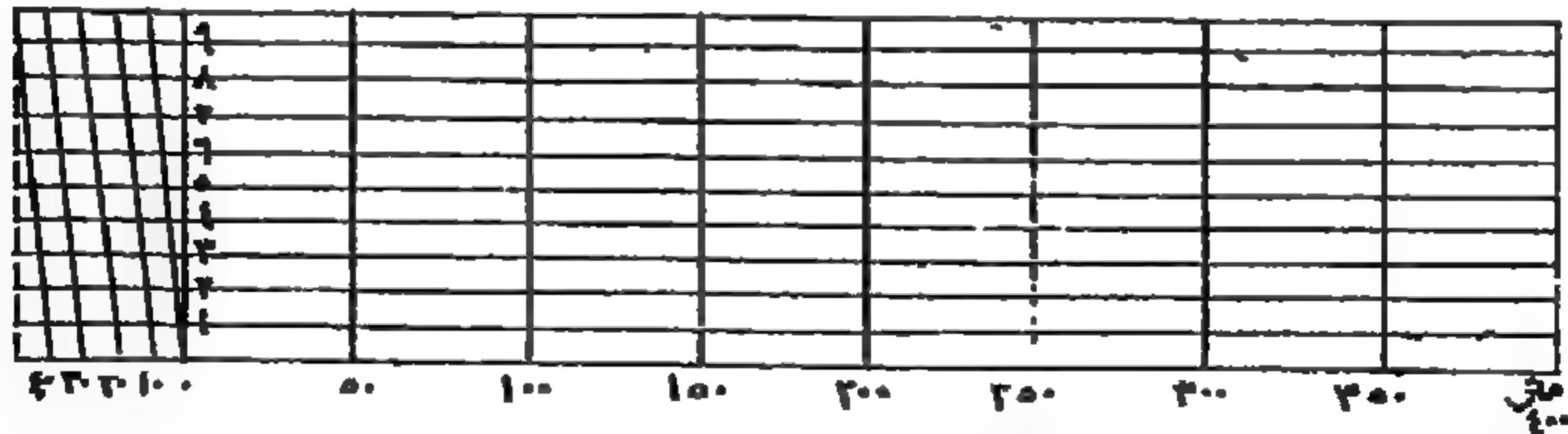
$$١ \text{ متر} = ٠.٠٠٢ \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

$$١٠ \text{ متر} = ٠.٠٠٢$$

$$٥٠ \text{ متر} = ٠.٠١$$

وكل من أقسام الوحدة الأصلية يبين عشرة أمتار كما في (شكل ٢٤)

شكل ٢٤



المثال الخامس - ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{10000}$ فالتر الزمعي يساوي ٠.٠٠٠١ وتكون الثلاث وحدات الأصلية للمقياس هي

$$١ \text{ متر} = ٠.٠٠٠١$$

$$١٠ \text{ متر} = ٠.٠٠١$$

$$١٠٠ \text{ متر} = ٠.٠١ \text{ وهي الوحدة الأصلية}$$

وبالتأمل يرى أن وحدات هذا المقياس هي عين مقياس $\frac{1}{1000}$ (شكل ٢١) المبين
بالمثال الأول وانما فيه الوحدة الاصلية تنقسم بأعداد ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠ الخ وأقسام
الوحدة الاصلية تنقسم بأعداد ١٠، ٢٠، ٣٠٠ الخ والوحدات الصغرى تبين
بالمتر

المثال السادس - ليكن المطلوب رسم المقياس $\frac{1}{1000}$
فالمران في هذا المقياس يبينان بمقدار ٠.٠٠٠١ متر وتكون الثلاث وحدات هي

$$٢ \text{ متر} = ٠.٠٠٠١$$

$$٢٠ \text{ متر} = ٠.٠٠١$$

$$١٠٠ \text{ متر} = ٠.٠٠٥ \text{ وهي الوحدة الاصلية}$$

ويرى أن هذا المقياس هو عين مقياس $\frac{1}{1000}$ المبين بالمثال الثاني ولا يختلف عنه الا
في مقادير الوحدات ووحداته الاصلية تنقسم هكذا ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠ الخ وأقسامها
تنقسم بأعداد ١٠، ٢٠، ٣٠ الخ والوحدات الصغرى تبين من مترين الى مترين

المبحث الثالث

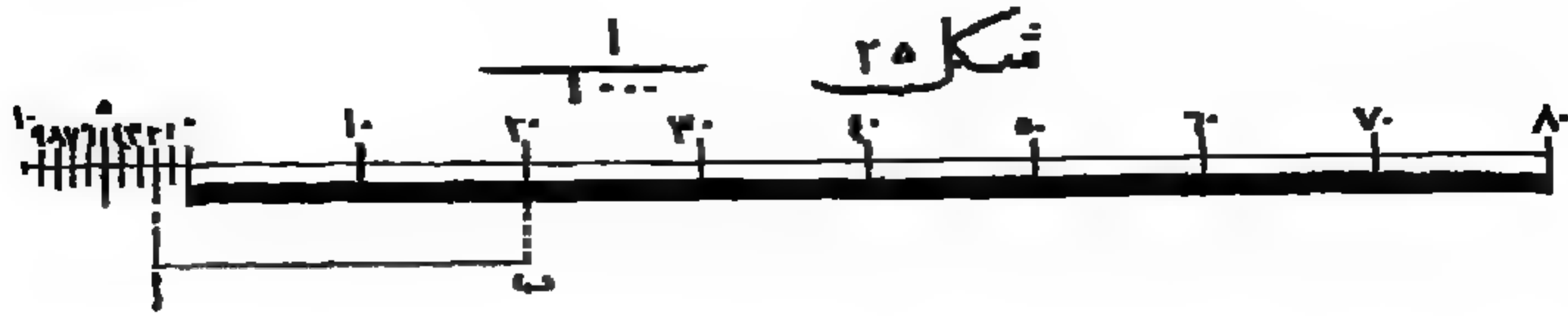
في المقاييس المرسومة على خط واحد

بشكل ٢٣ أحيانا تستعمل مقاييس مرسومة على خط واحد بدل المقاييس ذات الشبكات
المتقدمة وهي وان كانت أبسط من ذات الشبكات ولكنها أقل ضبطا منها
وهذه المقاييس تتكون من الخطوط السفلى للمقاييس ذات الشبكات وبناء على ذلك
لا تحتوي الاعلى الوحدة الاصلية وأقسامها

مثاله اذا اريد رسم المقياس $\frac{1}{1000}$ (شكل ٢٥)

يؤخذ على خط من ص الغير محدودا بتعاقب أطوال مساوية الى ٠.٠١ متر
وهي الوحدة الاصلية وتنقسم الوحدة التي جهة الشمال الى عشرة أقسام
وحينئذ فهذا المقياس يكون بلا شك هو الخط السفلى للمقياس ذي الشبكة المطابق
له انما لاجل جعله موافقا لواعايق قسم كل من أعشار الوحدة الاصلية الى قسمين لتبين نصف

عشر الوحدة الأصلية ثم لاجل ظهوره هذا المقياس على الخط يرسم أسفله خط

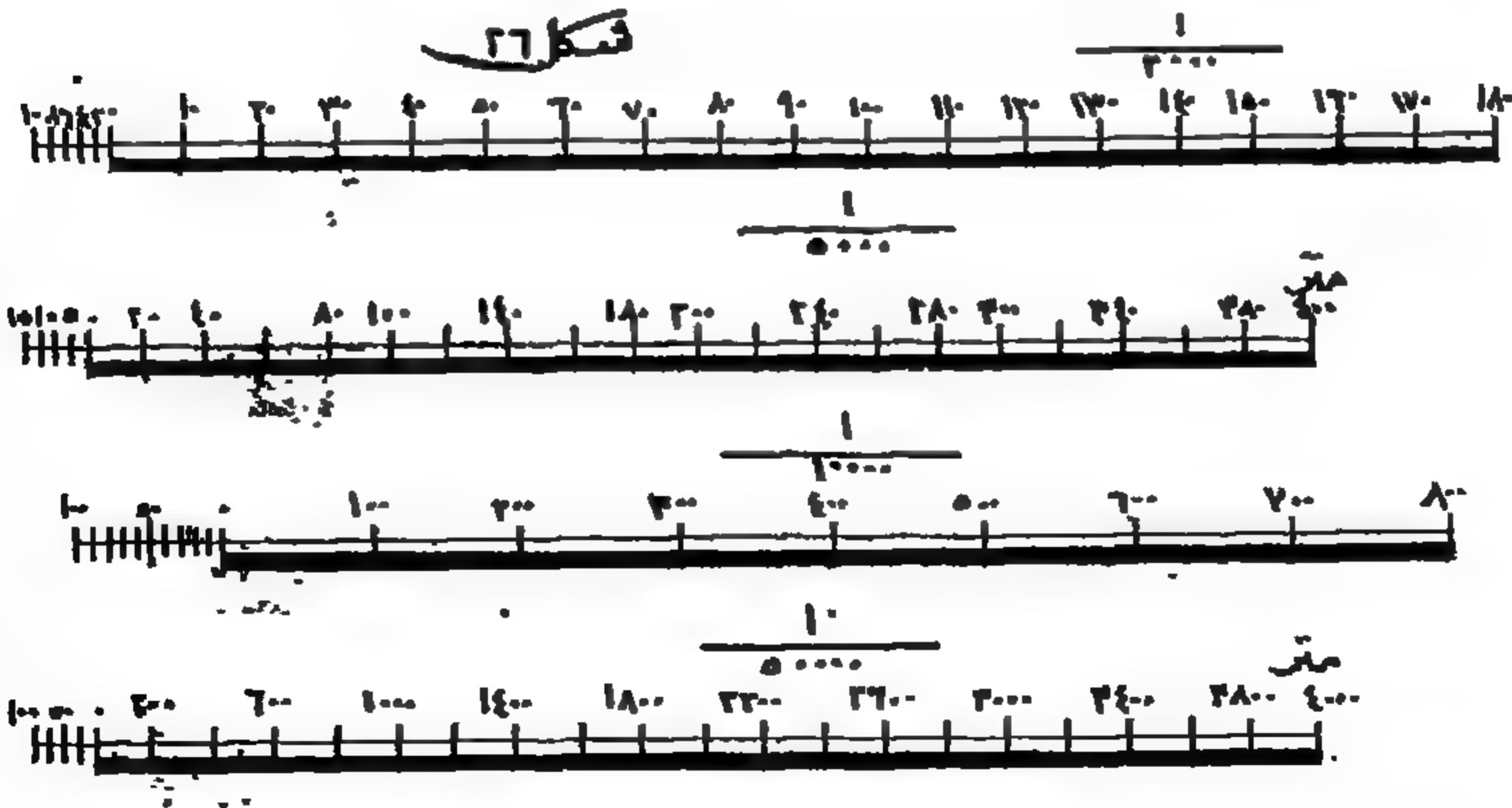


كالخط الثخين لبرواز الخريطة ويبدأ به من الصف ويتباعد به عن خط المقياس ببعده يساوي ثخنه ومن صورة الشكل قتين الأطوال اللازم إعطاؤها للشرط المحددة للتقسيم الدالة على الوحدة وأعشارها ويتبين منه أيضا كيفية تمثيلها

(تنبيهات)

أولا - متى لزم أخذ طول أو قياس خط يلزم مراعاة أنه اذا وقعت سنة البيكار بين قسمين من الاقسام الصغيرة يقدر الكسر بالنظر

مثلا اذا أريد معرفة مقدار الخط أ ب (شكل ٢٥) يرى انه بوضع احدى ستي البيكار على غرة ٢٠ من الوحدة الأصلية تكون السنة الثانية تاركة قسمين ونصفا من كسور الوحدة وتوجد تقريبا في خمس المسافة بين القسمين الصغيرين التاليين بمعنى انه قدرت ٢٠,٠ بعد اثنين وعشرين مترا ونصفا أعنى يكون طول الخط



أ. ب = ٢٢,٥٠ + ٠,٢٠ = ٢٢,٧٠ بالتقريب الكافي

ومن (شكل ٢٦) يتبين كيفية رسم المقاييس الاصلية المستعملة على خط واحد وكيفية تمثيلها.

ثانياً - اذا كانت المعالم لا تسمح بأخذ كسور المتر وحدة أصلية كما سبق ينتخب الطول اللائق لان يكون وحدة أصلية مع ملاحظة بـ ١٧ في اجمال الكسور وتستخدم المقاييس ذات الشبكات في الاشغال الطبوغرافية والمساحية وأما المقاييس ذات الخط الواحد فتستخدم في رسم العمارات والاستحكامات والرسومات الجغرافية ويندر استعملها في الاشغال الطبوغرافية حيث ان نتائجها قليلة الضبط (خصوصاً عند الشغل بطريقة التقاطع لان خطأها الجزئي في القاعدة يسرى كثيراً)

الفصل الرابع

في الآلات المعدة لقياس الزوايا

بـ ٢٤ - الآلات المعدة لقياس الزوايا ورسمها تنقسم الى قسمين الاول يسمى جونيومتر بمعنى أنها تقيس الزوايا بالدرج وكسوره والثاني يسمى جونيوجراف بمعنى أنها ترسم الزاوية بدون أن تبين مقدارها وينقسم الاول الى نوعين الاول يرسم زاوية ثابتة قدرها ٩٠° أو ٤٥° وذلك كمثلث المساح وغيره والنوع الثاني هو الذي يعين مقدار الزاوية بالدرج وكسوره كالجرافومتر والينطوم-تر واليوصله وغيرها وأما القسم الثاني فهو كالبلائن شبيطة ولنشرح تركيب هذه الآلات واستعمالها فنقول

المبحث الاول

في مثلث المساح

بـ ٢٥ - مثلث المساح هو آلة بسيطة جداً بواسطتها يمكن إقامة واتزال عمود على مستقيم أو رسم خط يصنع مع آخر زاوية قدرها ٤٥° و (شكل ٢٧) يبين هيئة مثلث المساح المذكور

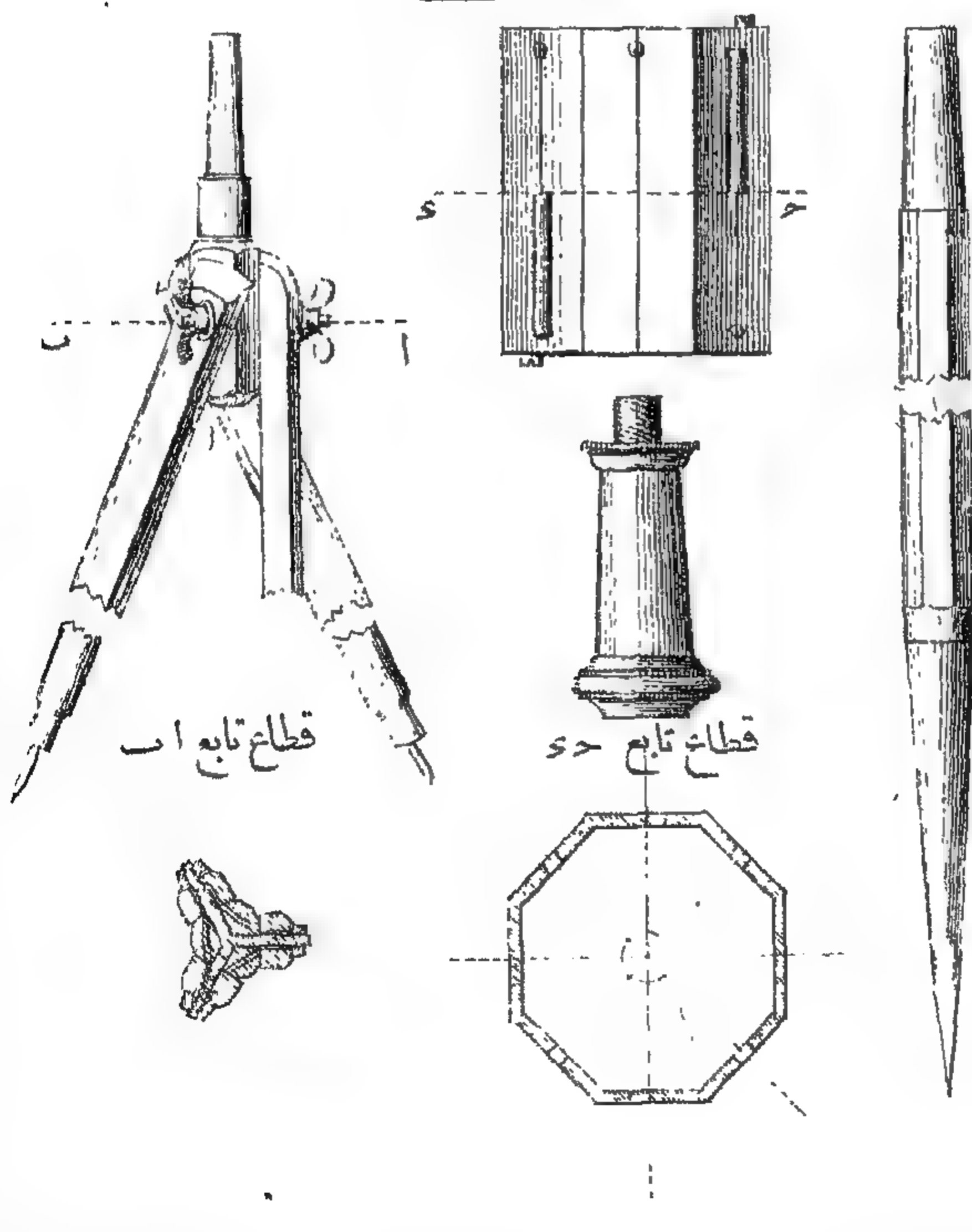
وهو يتركب من أسطوانة محقوفة أو منشور محقوف من النحاس الاصفر به من أسفل

ثقب برمي يمكن أن يوضع به ساق مجوّف يحمل على رجل من خشب بها من أسفل ركيز
 كركيز الشاخص لسهولة غرسها بالأرض وبعض المثلثات يحمل ساقها المجوّف على ساق
 مسطّ من الخشب مرتبط بثلاث شعب لها ركايز من أسفل لسهولة تثبيتها بالأرض
 (شكل ٢٧)

والأستوانة المذكورة يوجد لها إعادة أربعة شروخ بحيث أن المستوي المار بكل
 اثنين متقابلين يكون عمودياً على المستوي المار بالآخرين ويتقاطع معه
 على محور الأستوانة

واحياناً يكون بالأستوانة المذكورة ثمانية شروخ أربعة مقابلة أربعة أخرى بحيث
 أن المستويات المارة بكل اثنين متقابلين تتقاطع مع بعضها على محور الأستوانة والزوايا
 المتكوّنة بين كل اثنين متجاورين تكون نصف دائرة أي ٩٠°

شكل ٢٧

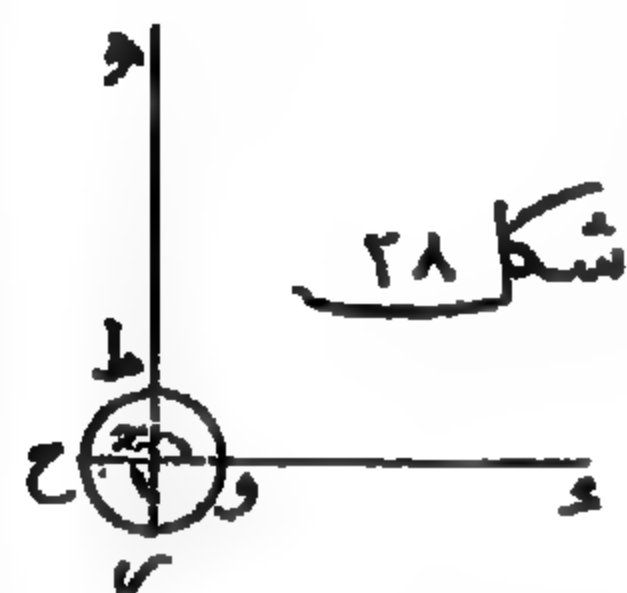


متساويين نصفه الأعلى ضيق والأسفل متسع على هيئة شبك وبه من الوسط شعرة رأسية

مثبتة بواسطة الشمع أو بواسطة برمة صغيرة والشرخ المقابل له يكون مقسوما كذلك ونصفه الأعلى واسع والأسفل ضيق بمعنى أن القسم الضيق من شرخ يقابله قسم واسع به شعرة من الشرخ المقابل له وذلك لأجل تحديد النظر وسهولة مرور الأشعة وقبل الشغل بمثلت المساح يجب على المهندس أن يتحقق من كونه مضبوطاً وغير مضبوط

(تحقيق مثلت المساح)

بـ ٢٦ - لأجل تحقيق مثلت المساح يوضع في نقطة مثل δ على أرض مكشوفة (شكل ٢٨) بحيث يكون رأسياً ثم يوضع أمامه على حذاء شرخين متعاقبين شاخص رأسى في نقطة مثل δ ثم ينظر من الشرخين العموديين على الشرخين الأولين ويوضع



في حذائهما شاخص رأسى في نقطة δ فن المعلوم أن زاوية δ δ تكون قائمة إن كان المثلث مضبوطاً ثم تدار الآلة بتدوير الساق المنحرف حول ساق الرجل إلى أن يأتي مستوى الشرخين δ و δ في اتجاه

شاخص δ فان مر مستوى الشرخين الآخرين δ و δ بالشاخص δ علم أن زاوية δ و δ δ δ بمعنى أن كل واحدة منهما تكون قائمة ويكون المثلث مضبوطاً وإن لم يكن مختلفاً

وإن كان بالمثلث ثمانية شروخ يقتضى أولاً تحقيق التعامد كما سلف ثم يعدها يوضع شاخص على اتجاه الشرخ المجاور للشرخ المار بالنقطة الأولى فيكون صانعا مع

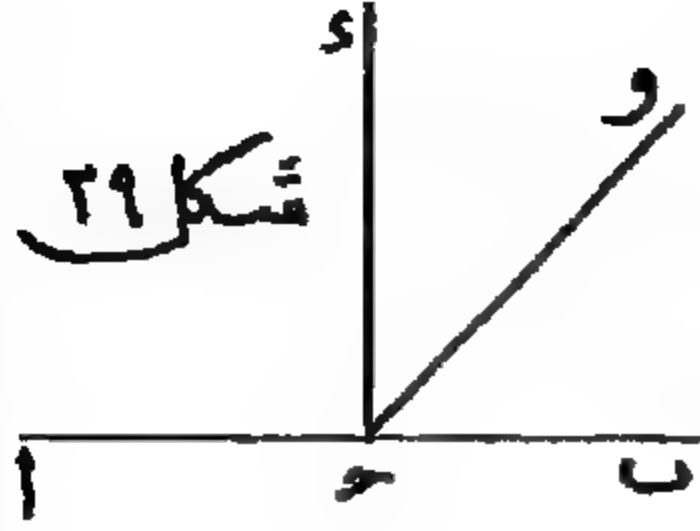
الشاخص الأول δ وحينئذ إذا دبر المثلث إلى أن يأتي الشرخ التالي للأول محل الأول ومر بالنقطة الأولى فالأول يمر بالنقطة الثانية إن كان المثلث مضبوطاً وإن لم يمر يكن مختلفاً وهكذا يمر والشروخ واحد بعد آخر

ولنوضح كيفية استعمال مثلت المساح على وجه العموم بالأمثلة الآتية

بـ ٢٧ - المثال الأول - المعلوم نقطة مثل δ على مستقيم δ δ والمطلوب إقامة عمود منها عليه بواسطة مثلت المساح (شكل ٢٩)

لذلك يوضع مثلت المساح رأسياً في نقطة δ (بتثبيت ركيز رجله في النقطة المذكورة

ان كان دارجل واحد أو اسقاط ساقه بواسطة ثقل على نقطة ح ان كانت أرجله ذات ثلاث شعب) ثم تحرك أسطوانته أو منشوره

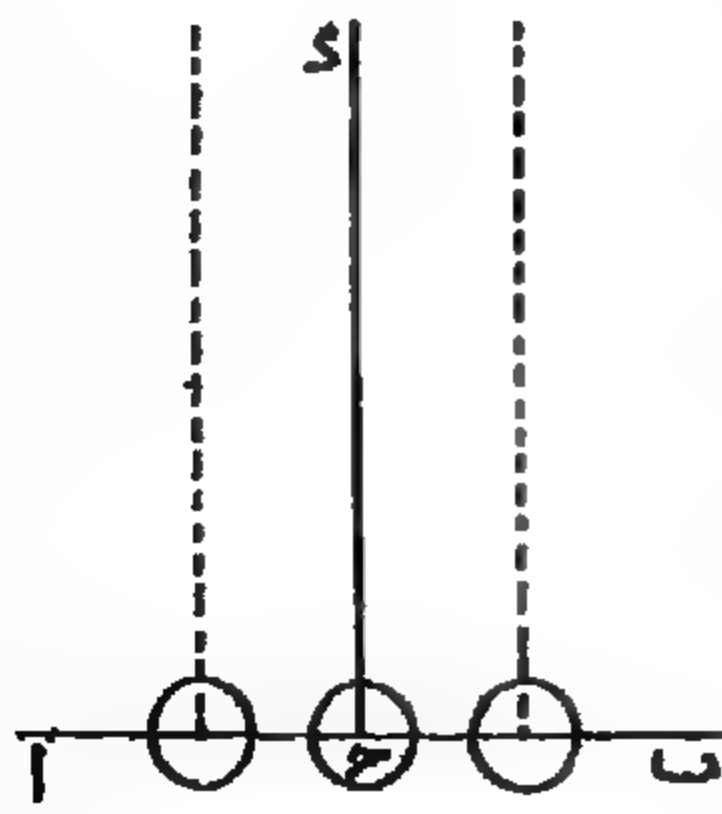


الى ان يمر المستوى المار بشرخين منه بالشاخص الموضوع في نقطة ب وللتحقق من وجود الآلة على المستقيم أ ب ينظر على الشاخص أ من الجهة الأخرى فان كان الشاخص أ في اتجاه الشعرة الموجودة بشباك المثلث يعلم أنه موجود على اتجاه أ ب والا فيقدم

الى الأمام ويؤخر الى الخلف حتى انه بالنظر الى نقطة ب من جهة والى أ من أخرى تكون النقطتان في اتجاه الشعرتين المتقابلتين ثم بعد ذلك ينظر من الشرخين العموديين على الأولين ويوضع شاخص د على اتجاههما بخط ح د يكون هو العمود المطلوب ملحوظة - ان كان القصد رسم خط من نقطة ح يصنع مع أ ب زاوية قدرها ٤٥ فيعد أن يوضع مستوى شرخين على اتجاه أ ب ينظر من الشرخين التاليين لهما (في المثلث ذي الزاوية شروخ) ويوضع على اتجاههما شاخص مشل و فتكون زاوية و ح ب = ٤٥

(بشكل ٢٨) - المثال الثاني - المعلوم نقطة د خارج مستقيم أ ب والمطلوب انزال عمود منها عليه بواسطة مثلث المساح (شكل ٣٠) لذلك نضع مثلث المساح بحيث يكون مستوى شرخين من شروخه مارا بالمستقيم

شكل ٣٠

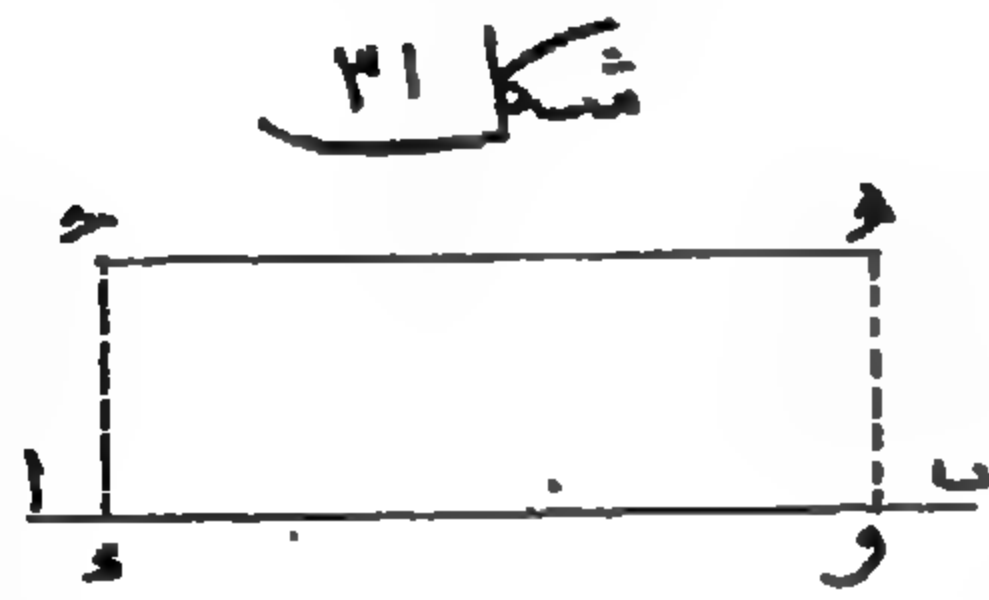


أ ب وتكون النقطة الموضوع فيها المثلث هي موقع العمود تقريبا ثم ينظر من الشرخين اللذين مستويهما عمودى على مستوى الشرخين الأولين فان مررت الشعرة بالشاخص الموضوع في د كان مسقط محورا لآلة هو موقع العمود وان لم تمر يتحرك بالآلة الى اليمين أو اليسار على الخط أ ب بحيث لا يزال مستوى الشرخين مارا به الى أن تمر الشعرة بالشاخص د فيكون مسقط محورا لآلة وهو ح هو موقع العمود المطلوب

ملحوظة - إذا كان المطلوب رسم خط من نقطة د الخارجة يصنع مع أب زاوية قدرها ٤٥° فيبعد التحقق من وضع المثلث على اتجاه أب ينظر من الشرخين المجاورين للشرخين المارين بالخط أب على نقطة د ويحرك المثلث يمينا أو يسارا مع وجود الشرخين دائما على اتجاه أب الى أن تشاهد نقطة د فالخط الواصل بين

موقع الآلة ونقطة د يكون هو المستقيم الذي يصنع ٤٥° مع أب
بـ ٢٩ - المثال الثالث - المطلوب رسم خط من نقطة د الخارجة عن مستقيم أب يوازيه بواسطة مثلث المساح (شكل ٣١)

فلذلك ينزل من نقطة د عمود على أب كما في بـ ٢٨ وليكن د ه ثم يوضع في نقطة د شاخص ويقام من نقطة د عمود على د ه كما في بـ ٢٧ مثل د ه فيكون د ه موازيا أب لانهما خطان عموديان على ثالث



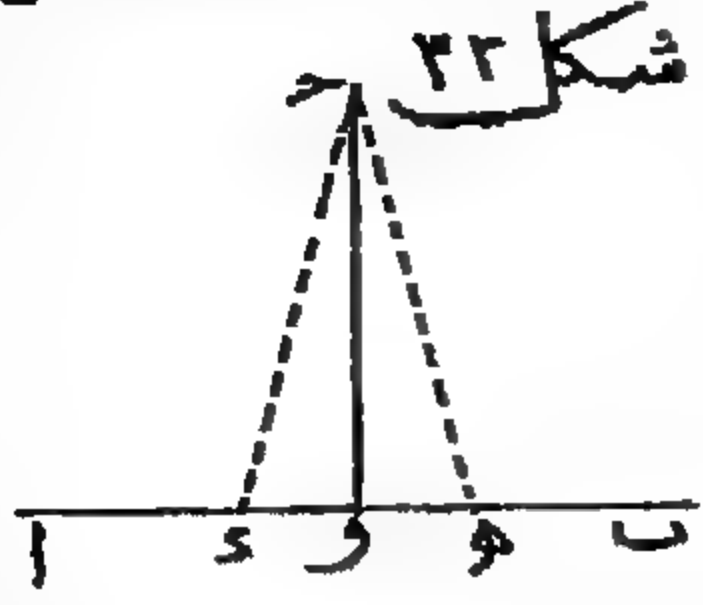
ملحوظة - بما أنه عند انزال العمود د ه

لا بد وأن يحصل به خطأ جزئي وخطأ آخر في إقامة العمود د ه على د وبالنسبة لهذين الخطأين الجزئيين يحصل خطأ محسوس في توازي خطي د ه و أب فالأوفق بعد انزال عمود د ه أن يقاس طوله ثم تؤخذ نقطة أخرى من اتجاه أب متباعدة عن نقطة د يبعد كاف مثل و ويقام منها عمود و ه على أب كما في بـ ٢٧ ثم يؤخذ عليه بعد و ه = د ه فالخط د ه يكون هو الموازي المطلوب ويكون مضبوطا كلما بعدت نقطة و ه من د

(استعمال مثلث المساح المختلف)

بـ ٣٠ - إذا كان مثلث المساح مختلفا فيمكن به عمل شغل مضبوط كما سيأتي مثلاً إذا كان القصد انزال عمود من نقطة د على خط أب (شكل ٣٢) بواسطة مثلث المساح المختلف فيجربى العمل كما في بـ ٢٨ وليكن المثلث موضوعا في د ثم نديره دورة قدرها ٩٠° بأن يوضع اتجاه الشرخين الذين كانا على خط أب على اتجاه د ه

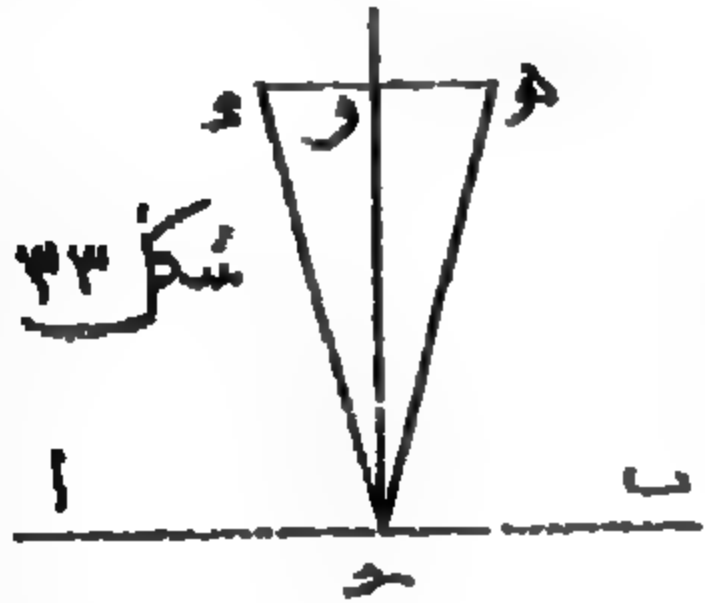
ففي هذه الحالة مادام المثلث مختلفا لا ترى نقطة γ من مستوى الشرخين بعد وضع



الاخرين على اتجاه $\alpha\beta$ وفي هذه الحالة يتحرك عينا أو شمالا مع جعل الشرخين المستقيمين على اتجاه $\alpha\beta$ الى أن يرى مستوى الشرخين الاخرين مارا بنقطة γ وليكن وضع المثلث هو δ فاذا انصف البعد $\delta\epsilon$ بنقطة ζ وكانت هي موقع العمود بالضبط لان مثلث $\gamma\delta\epsilon$ فيه زاويتا δ و ϵ متساويتان فيكون متساوي الساقين ويكون الخط الواصل من رأسه الى منتصف قاعدته عموديا عليها

بشكل ٢٣ - وان كان القصد إقامة عمود من نقطة γ على $\alpha\beta$ (شكل ٢٣) بواسطة مثلث المساح المختل فيجربى العمل كما في بشكل ٢٧ وليكن اتجاه العمود هو

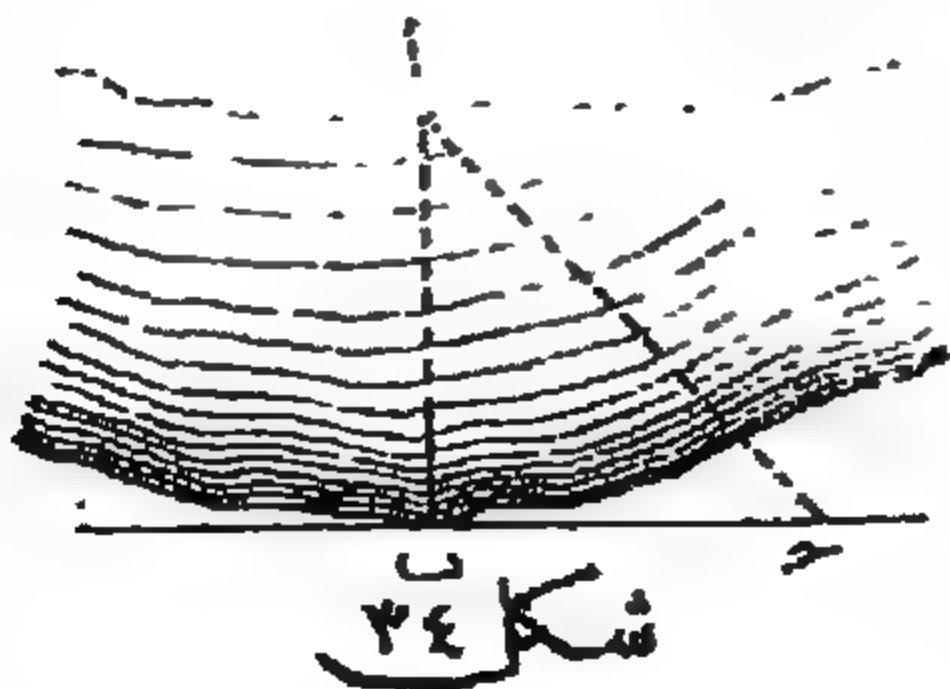
$\gamma\delta$ فيؤخذ عليه بعد معلوم وليكن $\gamma\delta$ ثم يدار المثلث دورة قدرها 90° بتثبيت مستوى الشرخين اللذين كانا في اتجاه $\gamma\delta$ على اتجاه



$\alpha\beta$ وينظر من الاخرين ويوضع على اتجاههما شاخص على بعد مساو $\delta\epsilon$ وليكن $\gamma\delta$ فاذا انصف البعد $\delta\epsilon$ بنقطة ζ وكان خط $\gamma\zeta$ هو العمود المطلوب

(تجربيات على حل مسائل بواسطة مثلث المساح)

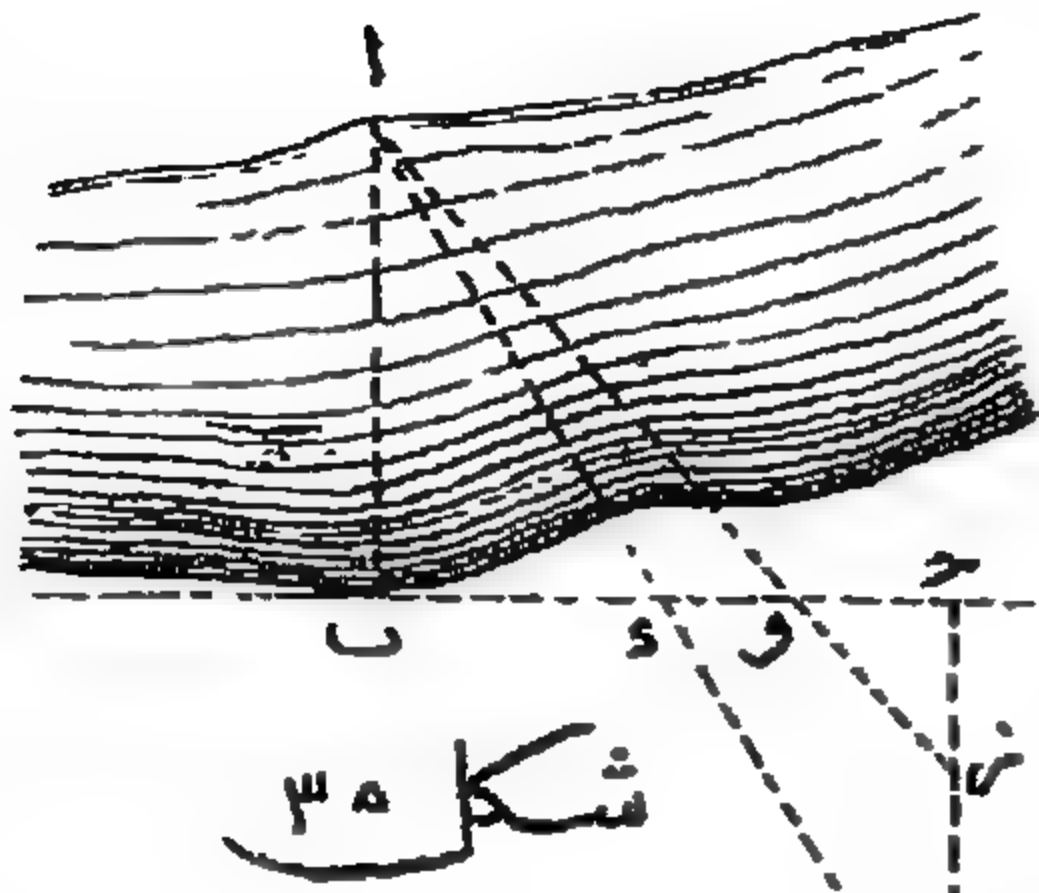
بشكل ٢٢ - المسألة الاولى - المعوم نقطتان α و β مفصولتان عن بعضهما بممانع والمطلوب تعيين مقدار البعد $\alpha\beta$ فتحل هذه المسألة بعدة طرق



الطريقة الاولى - نضع مثلث المساح في نقطة β (شكل ٢٤) ونقيم منها عمود $\beta\gamma$ على $\alpha\beta$ بموجب بشكل ٢٧ ثم نرسم من نقطة α خطا يصنع مع $\beta\gamma$ زاوية قدرها 90° كما في بشكل ٢٨ مثل

$\alpha\gamma$ فالبعد $\beta\gamma$ الممكن قياسه يكون مساويا $\alpha\beta$ لان مثلث $\alpha\beta\gamma$ قائم

الزاوية ومتساوي الساقين لتساوي زاويتي $\angle \text{أ ب ح}$ و $\angle \text{أ ب د}$ فيه ويكون $\text{ب د} = \text{أ ب}$
الطريقة الثانية - أن يقام من نقطة ب (شكل ٣٥) عمود ب د على مستقيم



أ ب بموجب ب د ويؤخذ عليه بعدان
متساويان بالابتداء من نقطة ب مثل ب د
و ب ح ويوضع شاخص في نقطة د ثم يقام
من نقطة د عمود د ه على ب د ثم يبحث
عن نقطة تقاطع خطي د ه و أ د (بشكل)
ولتكن نقطة ه فيكون البعد د ه الممكن
قياسه مساويا أ ب وهو المطلوب

لأن مثلثي أ ب د و د ه د قائما الزاوية

ومتساويان لتساوي الضلعين ب د و ب د بالعمل والزاويتين $\angle \text{د ه د}$ و $\angle \text{أ د ب}$
بالتقابل بالرؤوس وينتج من تساويهما أن $\text{د ه} = \text{أ ب}$

ملحوظة - إذا كانت طبيعة الأرض لا تسمح بوضع نقطة د على منتصف
 ب د بمعنى أن نقطة ه وقعت في محل غير موافق (شكل ٣٥) فيمكن وضعها
في نقطة أخرى كنقطة و ويجري العمل كما تقدم وتبحث عن نقطة ز التي
هي تقاطع أ و مع د ه فينتج مثلثا أ ب و و ز د ه متشابهين لتساوي
زواياهما المتناظرة ومنهما يحدث

$$\frac{\text{أ ب}}{\text{ب و}} = \frac{\text{د ه}}{\text{و ز}}$$

وحيث أن حدود الطرف الثاني جميعها معلومة فيعلم أ ب .

الطريقة الثالثة - إذا كان المانع بستانا أو بناء (شكل ٣٦) فيؤخذ من نقطة
 أ خط أ ح حيثما اتفق بحيث يتعدى المانع ثم ينزل من نقطة ب عمود على أ ح

مثل ب د ويحدث من مثلث ب د أ القائم الزاوية



$$\text{أ ب} = \sqrt{\text{أ د}^2 + \text{ب د}^2}$$

وحيث أنه يمكن قياس ب د و أ د فيعلم أ ب

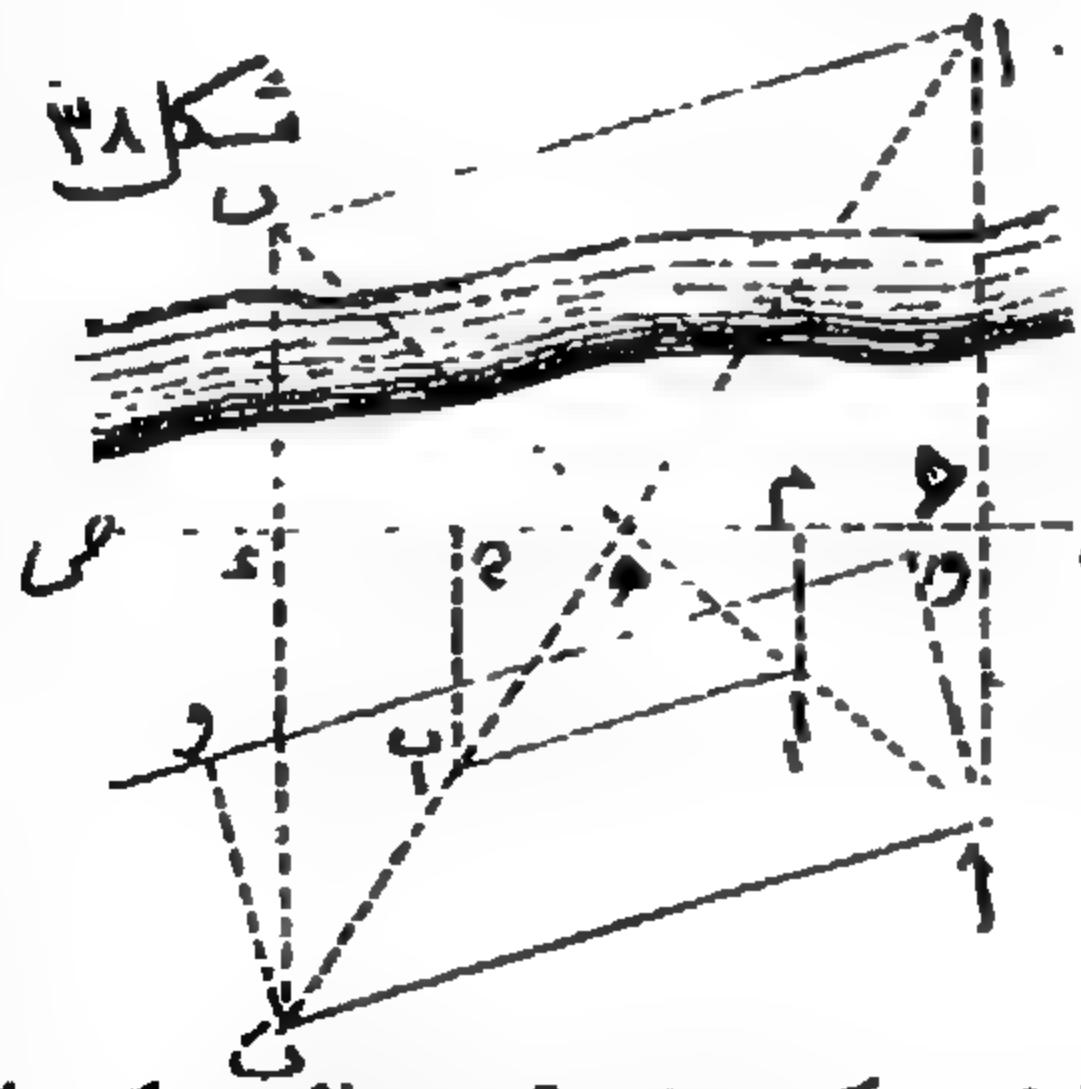
الطريقة الرابعة - اذا أمكن الوصول الى كل من نقطتي أ و ب (شكل ٣٧)



والمانع بركة مثلاً فيقام عمودان من
أ و ب على خط أ ب ويؤخذ
عليهما بعدان أ د و ب ح متساويان
بحيث يكون د ح خارجاً عن
المانع فيقياس د ح فيحصل على
مساويه أ ب

بمسند - المسألة الثانية - المراد قياس البعد بين نقطتي أ و ب الغير ممكن
الوصول اليهما بمثل المساح ورسم خط يوازي أ ب الغير ممكن الوصول اليه من
نقطة و المعلومة الممكن الوصول اليها فتحل هذه المسألة بعدة طرق

الطريقة الاولى - أن تؤخذ قاعدة مثل م ص (شكل ٣٨) وبموجب بمسند
ينزل عليها من نقطتي أ و ب العمودان أ ح و ب د ويمدان على استقامتهما
من جهتي ح و د ثم تنصف البعد د ح بنقطة هـ ونبحث عن نقطتي ب و أ
التي أحدهما هي تلاقي خطي أ هـ و ب د والثانية تلاقي ب هـ و أ ح
فالخط أ ب الواصل بينهما يكون مساوياً وموازياً أ ب وهذا واضح حيث



ان الجزأين د ب و أ ح متساويان
وأيضاً ب د و أ ح متساويان وحيث
يكون ب د = أ ح وحيث انهما
متوازيان ومتساويان يكون الخطان أ ب
و أ ب المحددان للشكل الرباعي ب ب أ أ
متساويين ومتوازيين وحيث فيقياس

البعد ب أ ويكون هو المطلوب ورسم خط و و من نقطة و يوازي أ ب
يكون هو الموازي المطلوب

الطريقة الثانية - اذا كانت طبيعة الارض لا تسمح بتعيين نقطتي ب و أ

فيجري العمل بهينه في اترال العمودين ب د و ا ح وتنصيف د ح بنقطة ه ثم
 ينصف كل من البعدين د ه و ه ح بنقطتي و م ويقام منهما عمودان
 د ب و م ا على خط د ح كما هو مقرر في (شكل ٢٧ د) ثم يبحث عن نقطتي ب و ا
 اللتين احدهما تلاقى خطي ا ه ر د ب والاخرى تلاقى ب ه و م ا فيكون
 الخط ا ب موازيا ا ب وموازيا كذلك ا ب ويكون نصف كل منهما

لان مثلثي د ه ب و د ب ه متشابهان ومنهما يحدث

$$د : د ه :: ه ب : ه ب$$

وحيث ان المقدم الاول ضعف تاليه فيكون ه ب = ٢ ه ب

وايضا من مثلثي د ه ا و م ه ا المتشابهين يحدث

$$د ه : م ه :: ه ا : ه ا$$

وحيث ان د ه = ٢ م ه يكون ه ا = ٢ ه ا

وحينئذ فيكون مثلثا ه ب ا ر ه ب ا متشابهين ومنهما يحدث

$$ا ب : ا ب :: ه ب : ه ب$$

وحيث ان ه ب = ٢ ه ب يكون ا ب = ٢ ا ب

بمعنى ان ا ب = نصف ا ب او نصف مساويه ا ب

ثم يكون ا ب موازيا ا ب لانه قاسم ضلعي مثلث ه ب ا الى اجزاء

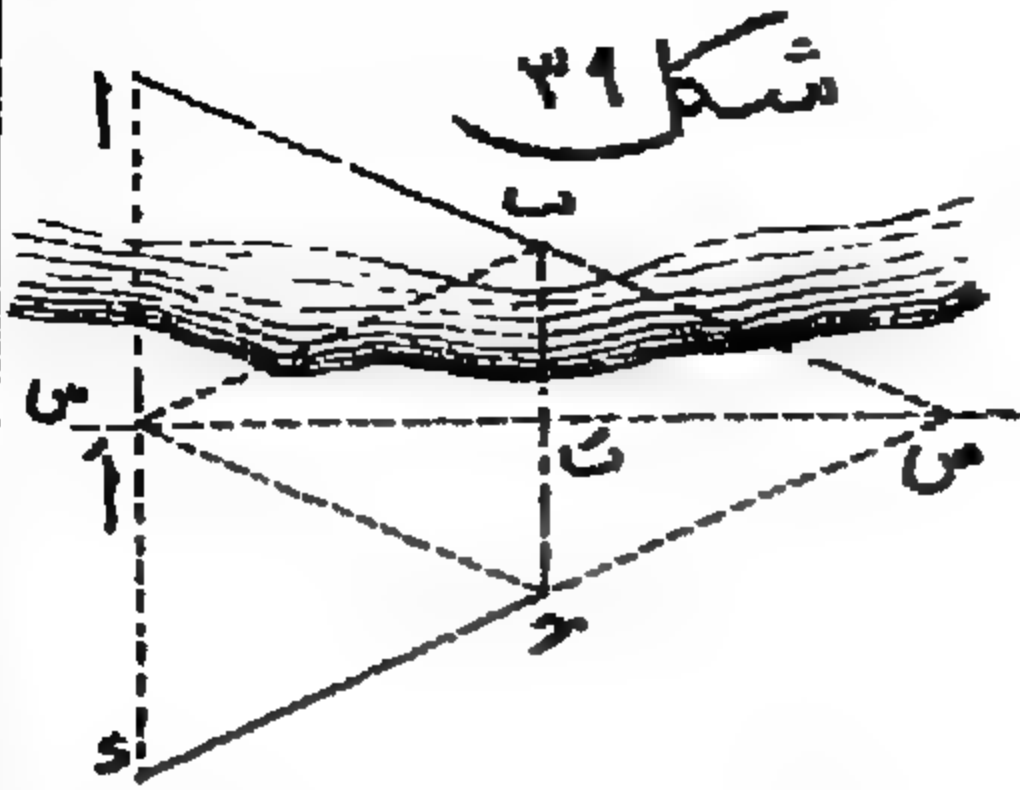
متناسبة وعليه فيكون موازيا ا ب ثم من نقطة و يرسم خط و و يوازي ا ب

فيكون موازيا ا ب

الطريقة الثالثة - ان نتخب قاعدة مثل م ص ثم ينزل عليها العمودان

ب ب و ا ا (شكل ٣٩) من نقطتي ا و ب ويعين طولهما ب ٣٢ د و ع د

كل منهما على استقامته ويؤخذ على الاول بعد $\beta = \beta$ وعلى



شكل ٣٩

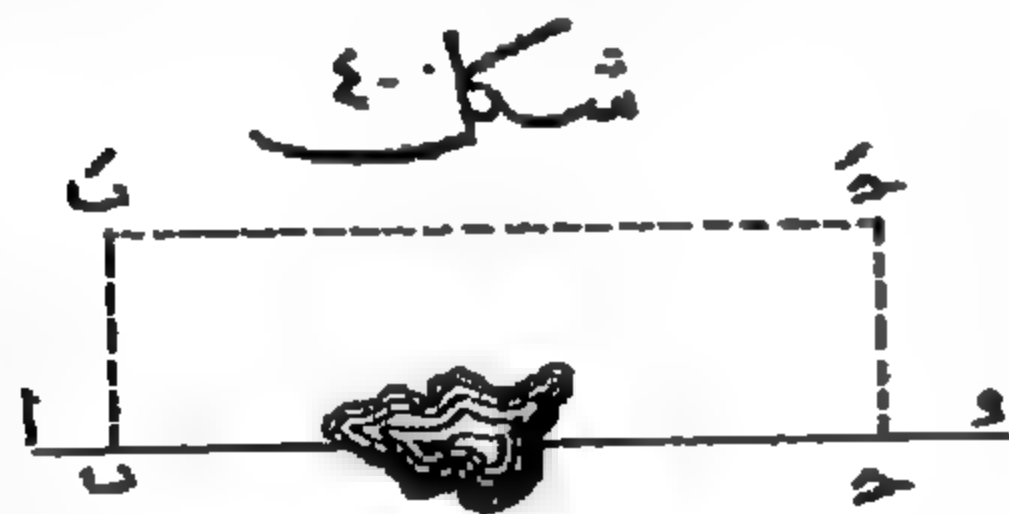
الثاني بعد $\alpha = \alpha$ ثم نوصل α و β فيكون مساويا $\alpha\beta$ لانه اذا توهم وصل β α γ يحدث المثلثان β α و α β γ القائم الزاوية المتساويان لتساوي ضلعي β α و β γ فيهما

بالعمل و β α مشترك بينهما وينتج من تساويهما ان β $\alpha = \alpha$ γ وزاوية β α $\beta = \beta$ α γ وعليه تكون زاوية α γ تساوي α β والمثلثان $\alpha\beta\gamma$ و $\alpha\gamma\beta$ يتساويان لتساوي $\alpha\beta$ و $\alpha\gamma$ بالبرهان و α γ β بالعمل وزاويتي β α و α γ بالاثبات وينتج من تساويهما ان β $\alpha = \alpha$ γ β

بمسألة الثالثة - المطلوب مدمستقيم خلف مانع

فتحل هذه المسألة بجملة طرق تذكر منها طريقتين فقط

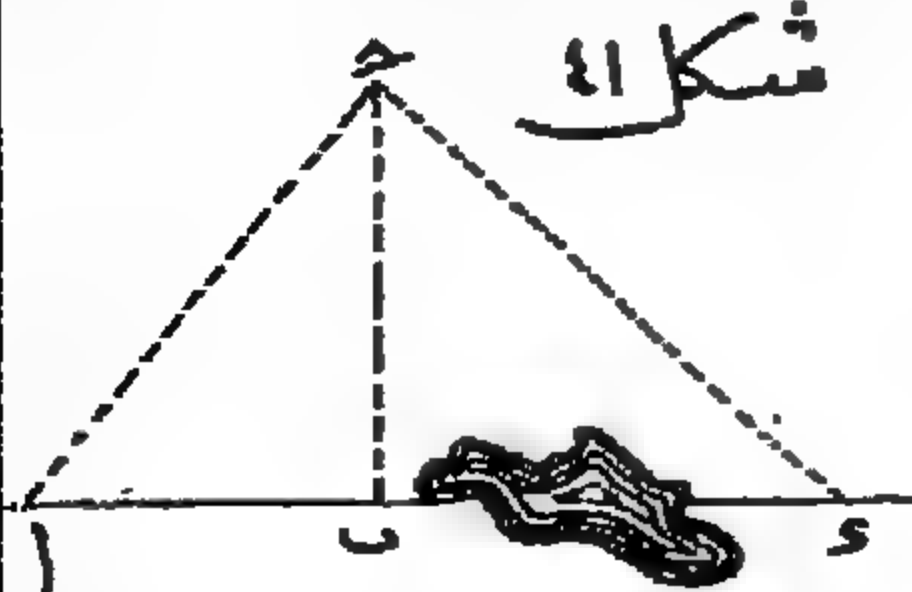
الطريقة الاولى - اذا أريد مدمستقيم $\alpha\beta$ خلف بستان مثلا (شكل ٤٠)



شكل ٤٠

تؤخذ عليه نقطة مثل β ثم يقام منها عمود عليه مثل β β (بمسألة ٢٧) ويؤخذ عليه نقطة مامثل β β ويقام منها عمود β β على β β ثم من نقطة γ

الاختيارية يقام العمود γ β على β β ويؤخذ عليه بعد γ $\beta = \beta$ β ثم يقام من نقطة γ عمود γ على γ β فيكون γ هو امتداد $\alpha\beta$ لان الشكل الرابعي γ β β مستطيل وان γ β هما امتدادا قاعدته السفلى



شكل ٤١

واذا أريد معرفة طول البعد γ β يقاس β β الطريقة الثانية - أن يقام من نقطة β (شكل ٤١) عمود β على اتجاه $\alpha\beta$ ثم يؤخذ عليه بعد اختياري β β ثم يقام من نقطة γ عمود

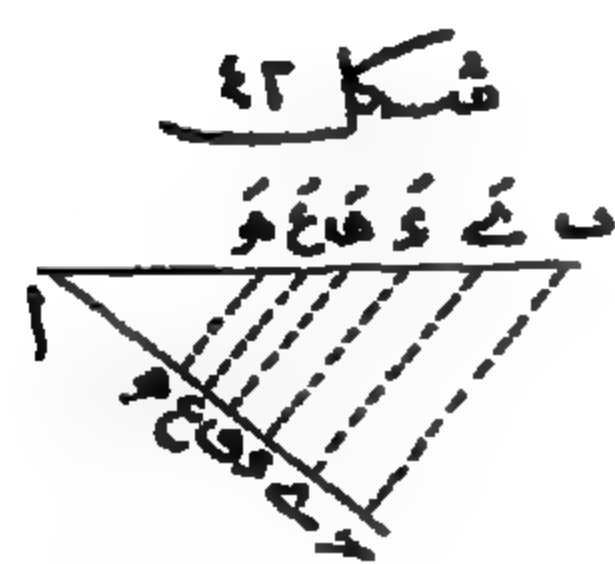
د على ح ا بحيث يكون مفاديا للمانع وحيث فيحدث مثلثان اب ح
وا د ح قائما الزاوية متشابهان ومنهما يحدث

$$\frac{د ح}{ا ب} = \frac{د ح}{ا ب}$$

وحيث ان حدود الطرف الثاني جميعها يمكن قياسها فيعلم الطرف الاول د الذي يؤخذ
بالابتداء من ح على العمود د د فنهاية د تكون هي نقطة من امتداد اب وياخذ
نقطة أخرى على العمود ب ح خلاف نقطة ح واجراء العمل بعينه تحصل نقطة أخرى
من اتجاه اب وبهذه الكيفية يمكن إيجاد عدة نقط من امتداد اب خلف المانع
بشك ٣٥ - المسألة الرابعة - المطلوب تشخيص مستقيم بين نقطتي ا و ب
(شكل ٤٢) بينهما مانع يجبر رؤية احدهما من الاخرى بحيث لا يمكن اجراء
الحالتين المتقدمتين في بشك ٣٥

لذلك يؤخذ من نقطة ا مستقيم حيثما اتفق بحيث يفادي المانع مثل ا ح ثم
ينزل من نقطة ب عمود ب ح على اتجاه ا ح ثم يقاس البعدان ب ح و ا ح
وبعد ذلك تؤخذ عدة نقط من اتجاه ا ح مثل ه د ر ع ر ف ... الخ
وتقاس الابعاد ا ه ر ا ع ر ا ف ... الخ ويقام من النقطة ه د ر ع ر ف
... الخ اعمده على اتجاه ا ح مثل ه د ر ع ر ع و ف ف ر ... الخ وتعين
مقاديرها كما سياتي

مثلا لتعين ه د يؤخذ المثلثان ا ه د ر ا ب ح المتشابهان ومنهما



شكل ٤٢

ب د ه د ر ع

$$(١) \quad \frac{ه د}{ا ب} = \frac{د ح}{ا ب} \dots \dots$$

وكذا من مثلثي ا ع ر و ا ب ح المتشابهين يحدث

$$(٢) \quad \frac{ر ع}{ا ب} = \frac{د ح}{ا ب} \dots \dots$$

$$ف ف = \frac{د ح}{ا ب} \dots \dots (٣) \text{ وهكذا}$$

وحيث ان المقادير المعينة الى ه د ر ع ر ف ف تحدد النقطة ه د ر ع ر ف ر ... الخ
من الاتجاه اب

(ملحوظة مفيدة لايجاد البعد الثابت لثلث المساح)

بمسألة - عند الرسم بواسطة مثلث المساح لا يتجاوز طول العمود الذي يقام أو ينزل به طول خط من الرسم مساو لنصف قطر أسطوانة مثلث المساح المذكور وهذا الطول هو المعبر عنه بالبعد الثابت لثلث المساح

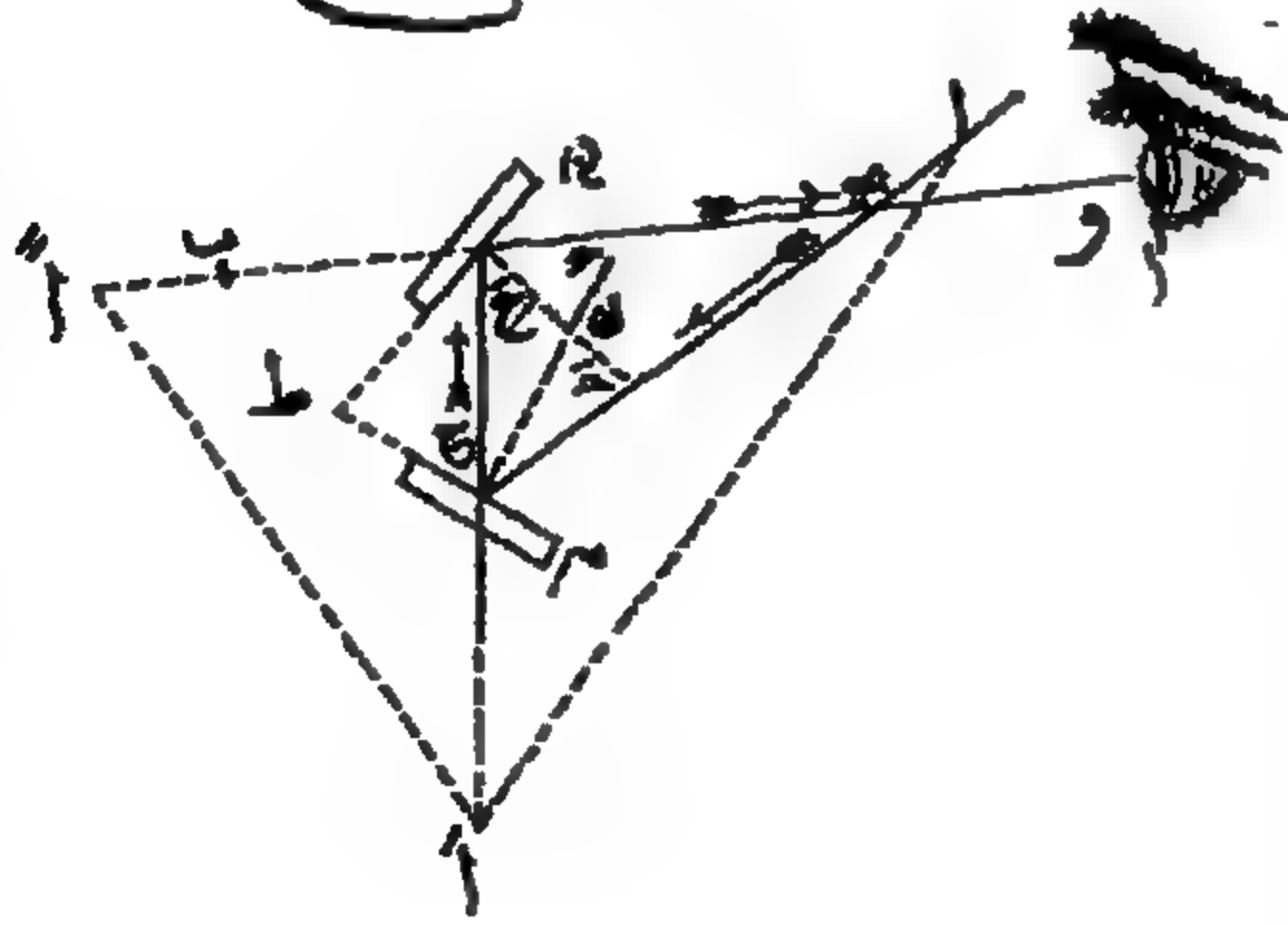
لان الاعمدة التي تكون أطول منه لابد أن يكون بها خلل يسرى الى الرسم مثلاً في المثلثات التي انصاف أقطارها ٠.٦ متر يكون بعدها الثابت مساوياً الى خط من الرسم طوله ٠.٦ متر بمعنى ان العمود الذي يقام أو ينزل بواسطته يكون ٠.٦ متر اذا كان مقياس الرسم = $\frac{1}{100}$ ويكون ١.٢ متر اذا كان المقياس = $\frac{1}{200}$ أعني انه يساوي نصف قطر أسطوانة المثلث مضروباً في مقام مقياس الرسم وعموماً فالمثلثات ذات الشروخ الضيقة أضبط من المثلثات ذات الشبايك التي بها شعر حيث ان الشعاع البصري يكون انحرافه الجزئي في الاولى محصوراً

المبحث الثاني

في مثلث المرايات

بمسألة - يعوض مثلث المساح في أغلب الاحوال بمثلث المرايات المؤسس على القاعدة الاتية التي عليها تؤسس جميع الآلات ذات الانعكاس المضاعف ولتتصد لشرح هذه القاعدة فنقول

شكل ٤٣



نفرض م ط و ط
مرآتين سطحهما عمودان على
مستوى المسقط أي رأسييتين
وهاتان المرآتان صانعتان
بينهما زاوية حيثما اتفق
م ط و (شكل ٤٣) ثم نفرض
نقطة مثل أ امام المرآة م ط
فالشعاع أ ح إلا أني منها

للمرآة المذكورة ينعكس في اتجاه ح ع بحيث ان زاوية السقوط تساوي زاوية

الانعكاس $ع ح ط$ ونقطة $أ$ تكون هي صورة نقطة $أ$ بعد الانعكاس الأول ثم ان شعاع $ع ح$ يعتبر ساقطا على المرآة $ح ط$ فينعكس في اتجاه $و ح$ بزاوية سقوط $ع ح ط$ تساوي زاوية انعكاس $و ح ط$ وحينئذ اذا كانت عين الراص في نقطة $و$ فترى صورة نقطة $أ$ في اتجاه $أ$ المماثلة الى $أ$ بالنسبة لسطح المرآة $ح ط$ ونقطة $أ$ هي المسماة بصورة نقطة $أ$ بعد الانعكاس المضاعف وتكون زاوية $أ ع أ$ ضعف زاوية $ح ط م$

لانه اذا اقيم من نقطة $ع$ خط $ح د$ عمودي على سطح المرآة $م ط$ تكون زاوية $ع ح د$ $= ع ح ع$ وأيضا اذا اقيم من نقطة $ع$ خط $ح د$ عمودي على سطح المرآة $ح ط$ تكون زاوية $ع ح د$ $= ح ع ح$ والخطان $ح د$ $ح د$ يتقاطعان في $ك$ وتكون زاوية $ح ك ع$ تساوي الزاوية الواقعة بين المرآتين وهي $ح ط م$ لتعاقد اضلاعهما أي يكون

$$ح ك ع = ح ط م \dots (١)$$

وبالتأمل للشكل يرى أن زاوية $ح ك ع$ خارجة عن مثلث $ع ك ح$ فيكون $ح ك ع = ك ح ع + ح ك ح$ وبملاحظة معادلة (١) يحدث

$$ح ط م = ك ح ع + ح ك ح$$

وبملاحظة أن زاوية $ك ح ع = ع ح ح$ و $ح ك ح = ح ع ح$ يحدث

$$ح ط م = ح ع ح + ح ع ح \text{ أو }$$

$$ح ط م = ح ع ح + ح ع ح \dots (٢)$$

وكذلك زاوية $أ ع ح$ خارجة عن مثلث $ع ح ح$ فتساوي

$$أ ع ح = ح ع ح + ح ع ح \text{ وبناء على معادلة (٢) يحدث}$$

$$ح ط م = أ ع ح$$

$$ح ط م = أ ع ح$$

بمعنى ان الزاوية الواقعة بين الشعاع الساقط والمنعكس انعكاسا مضاعفا تساوي ضعف الزاوية الواقعة بين المرآتين

٣٨ د - فإذا فرض الآن أن المرآة م مقصود جميعها وأن مرآة د لا يكون مقصود منها سوى نصفها الأسفل وأن مستوى المستطاط مار بنهاية القصدة من أسفل فينتج من الخاصية المتقدمة أنه إذا نظرت في اتجاه أ من جزء المرآة د الغير مقصود الشفاف نقطة أخرى مثل ب فالزاوية المحصورة بين أ و ب تكون هي عين الزاوية أ و أ بمعنى أنها تكون ضعف الزاوية الواقعة بين المرآتين

(شرح مثلث المرايات اختراع أيكنس)

٣٩ د - ولنطبق الآن الخاصية السابقة على مثلث المرايات اختراع أيكنس الذي هو عبارة عن عاية من الخماس الأصفر قطاعها مستطيل (شكل ٤٤)

أولا - المرآتان المزدوجتان م و د صانعتان بينهما زاوية قدرها ٤٥° وموضوعتان في نهاية فتحة العلبة بحيث أن الاتجاه و أ يكون عموديا على و أ أي على الاتجاه المار بشاخص أ الموضوع على عين الراصد وحيث أن فتحة قصدة جزء المرآة د أنه من شبك صغير مصنوع في جدار العلبة الذي خلف الجزء الشفاف يثبت شاخص ح في اتجاه و أ فيكون و ح

عموديا على و أ ويطلق على هاتين المرآتين الأزواج ذوا نصف قائمة

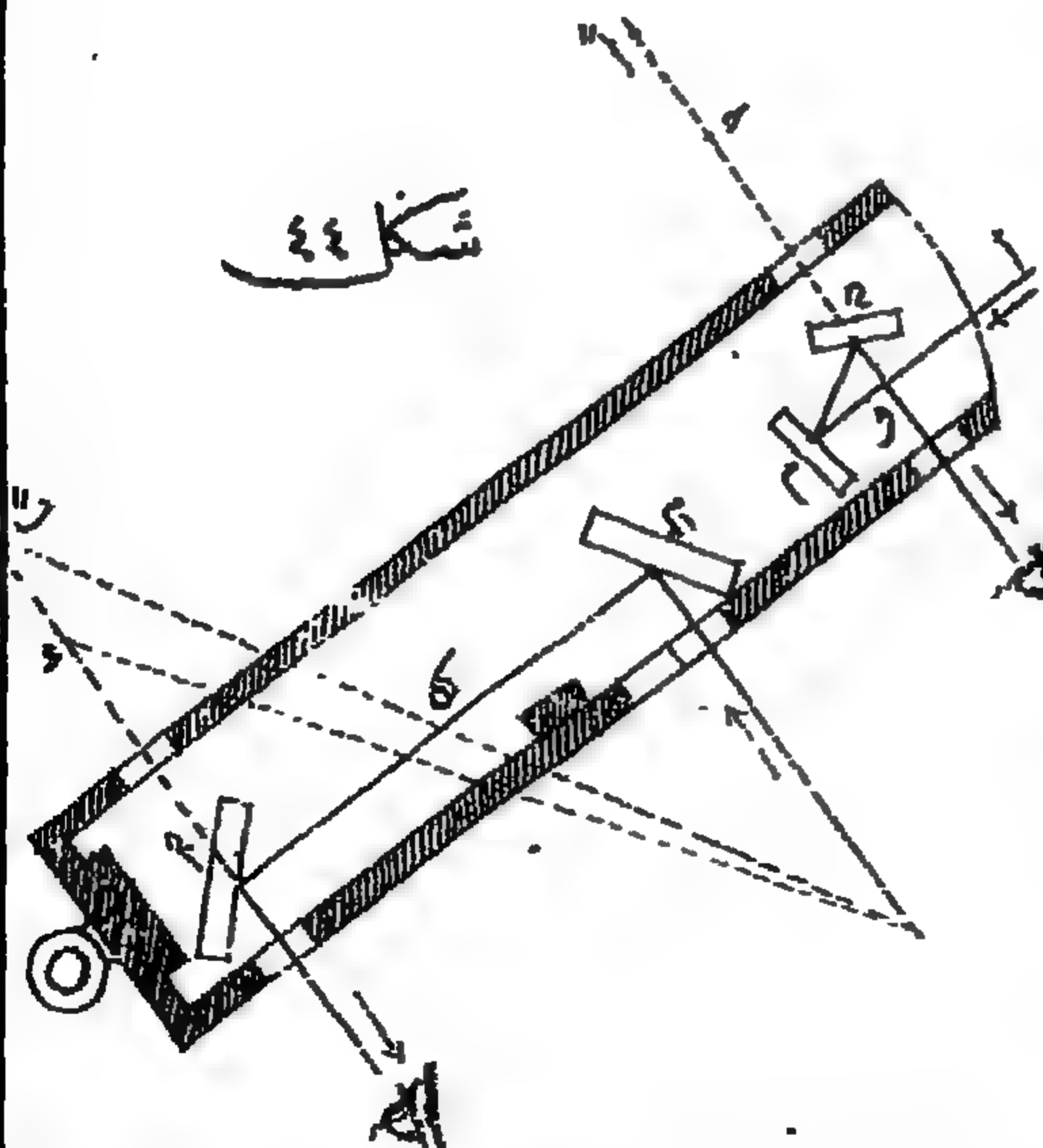
ثانيا - المرآتان المزدوجتان م و د موضوعتان في قلب

العلبة ومكونتان بينهما

زاوية قدرها ٩٠° ثم بواسطة

شباكين موضوعين بتدبير

موافق في جدران العلبة أمام كل من المرآتين ترى نقطة ب على مرآة د

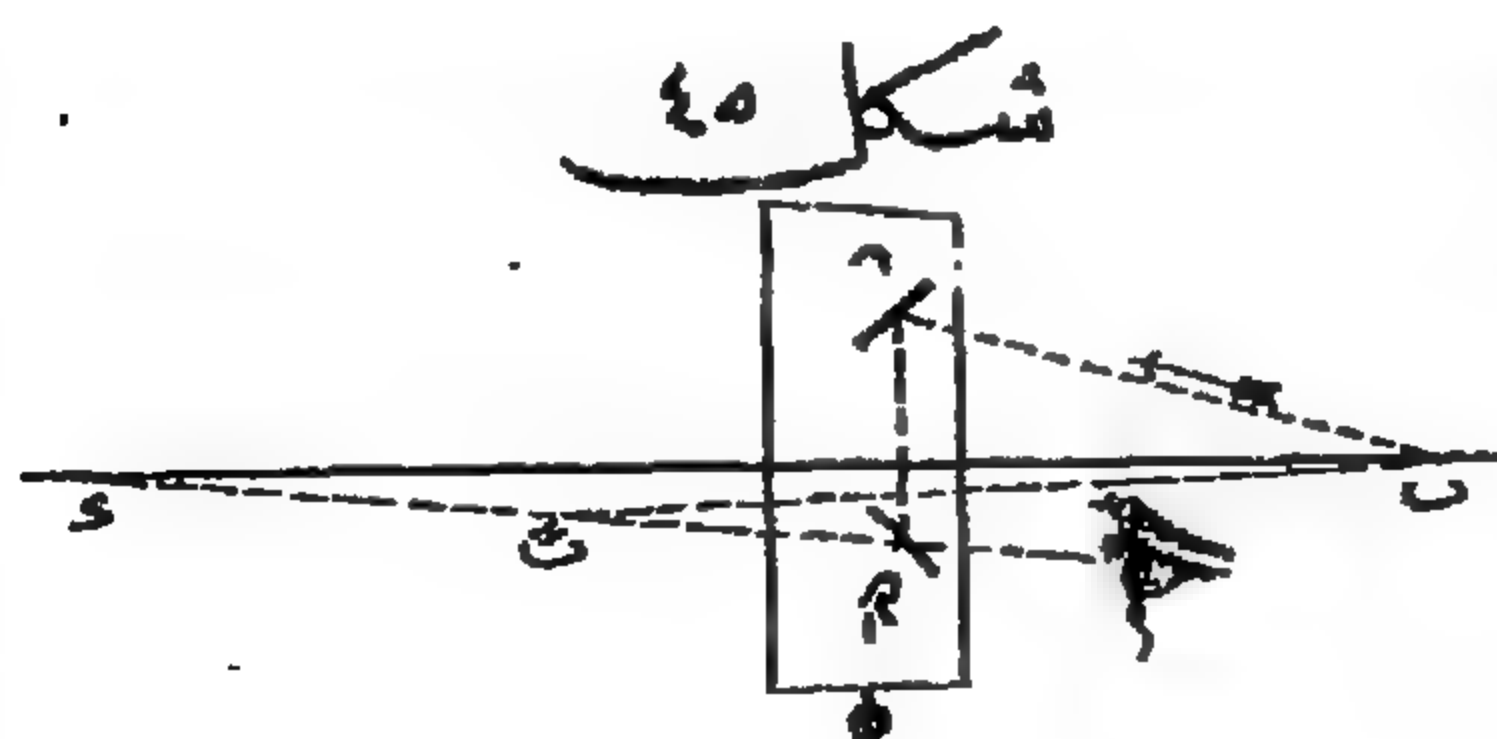


في اتجاه δ ب الموازي ب م بحيث تكون الثلاث نقط ب و ك و ب على
مستقيم واحد فاذا نظر فوراً الجزء الشفاف من مرآة δ فنقيحة مصنوعة خلة بها
في جدران العلبة يمكن تثبيت شاخص δ على اتجاه δ ب بحيث ان المسافة δ و
لا تفرق كثيراً عن ب م وخط δ ب يمر مروراً محسوساً بنقطة ك التي هي وسط م δ
وبالنظر لا بعد هذه الآلة بنسبة المسافات بينها وبين نقطتي δ و ب يعلم أن مركز الآلة
على اتجاه ب δ ويطلق على هاتين المرأتين اسم الازدواج القائم

(استعمال مثلث المرأتين)

يستعمل مثلث المرأتين كاستعمال مثلث المساح من حيثية الدخول في حذاء نقطتين
وانزال عمود على مستقيم من نقطة خارجة عنه واقامة عمود على مستقيم من نقطة
مفروضة عليه أعني ان يهذ المثلث يمكن رسم المسقط الافقي لقطعة أرض

بشئ - أولاً - لوضع مثلث المرأتين على اتجاه مستقيم مار بنقطتي ب و δ
المعلومتين بشواخص (شكل ٤٥) يكفي وضع المثلث على الاتجاه المذكور تقريباً
يمسك باليد ويظهر من الثقب المقابل للازدواج القائم الى ان ترى من الجزء المقصود
للمرآة δ الصورة بعد الانعكاس المضاعف للشاخص ب منطبقة على الشاخص δ

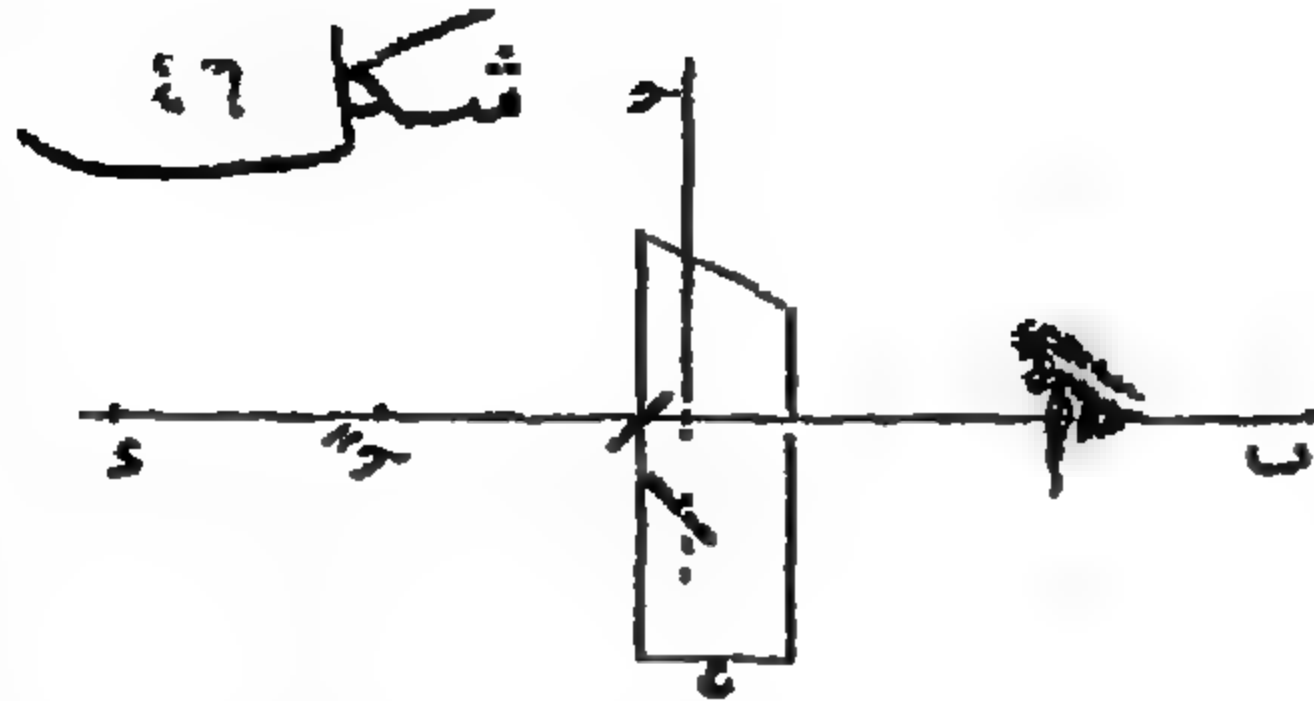


الذي يرى من الجزء الشفاف
لهذه المرآة δ فيكون
مسقط مركز المثلث على
الأرض هو نقطة من اتجاه
ب δ ويسهل اجراء هذا

التطبيق بالبحث والتنقل الذين يسهلان بكثرة الممارسة في العمل

بشئ - ثانياً - انزال عمود على مستقيم ب δ من نقطة ح الخارجة عنه

(شكل ٤٦) فلذلك يلزم مسك المثلث باليد ثم بواسطة الازدواج القائم يجب الدخول بين نقطتي ب و د (بشد) ثم تحريك الى الامام أو الخلف حتى يرى الشاخص من الازدواج ذى النصف



قائمة بعد انعكاسه المضاعف على هذا الازدواج منطبقا على الشاخص د الذى يرى من الجزء الشفاف لهذا

الازدواج مع ملاحظة وجود المثلث بين نقطتي ب و د بالازدواج القائم بمعنى تحقيق الاعمال بالبحث فى كل من الازدواجين

وحيث يكون موقع مركز المثلث على الارض هو موقع العمود النازل من نقطة ح على اتجاه ب و د

بشد - ثالثا - اقامة عمود على مستقيم من نقطة مفروضة عليه

لذلك نمسك المثلث باليد ونقف فى النقطة المذكورة ومن الازدواج ذى النصف قائمة يرى الشاخص الذى يكون على اليمين بعد انعكاسه المضاعف ويوضع على اتجاهه من الجزء الشفاف لهذا الازدواج شاخص آخر كما فى بشد فيكون هو اتجاه العمود

(فائدة مثلث المرايات)

بشد - هذا المثلث سهل جدا فى الاعمال عن مثلث المساح لانه يمسك باليد ولا يحتاج الى تعب تثبيت الرجل فى الارض عند اجراء كل بحث ولله الفائدة العظمى فى الطرق المستعجزة أو الحارات المبلطة التى يستحيل الوقوف فيها تقرى يا بحث المساح ذى الرجل الواحدة

أما من جهة الضبط الذى يلزم اعتباره دائما فهو أنه اذا كانت زوايا مرايات كل ازدواج مضبوطة فالزوايا المرسومة بالمثلث تكون ضعفا بالضبط ولكن بسبب أنه لا يوجد دلائل لوضع الاشعة البصرية لاراضى فى مستو عمودى على سطح الانعكاس

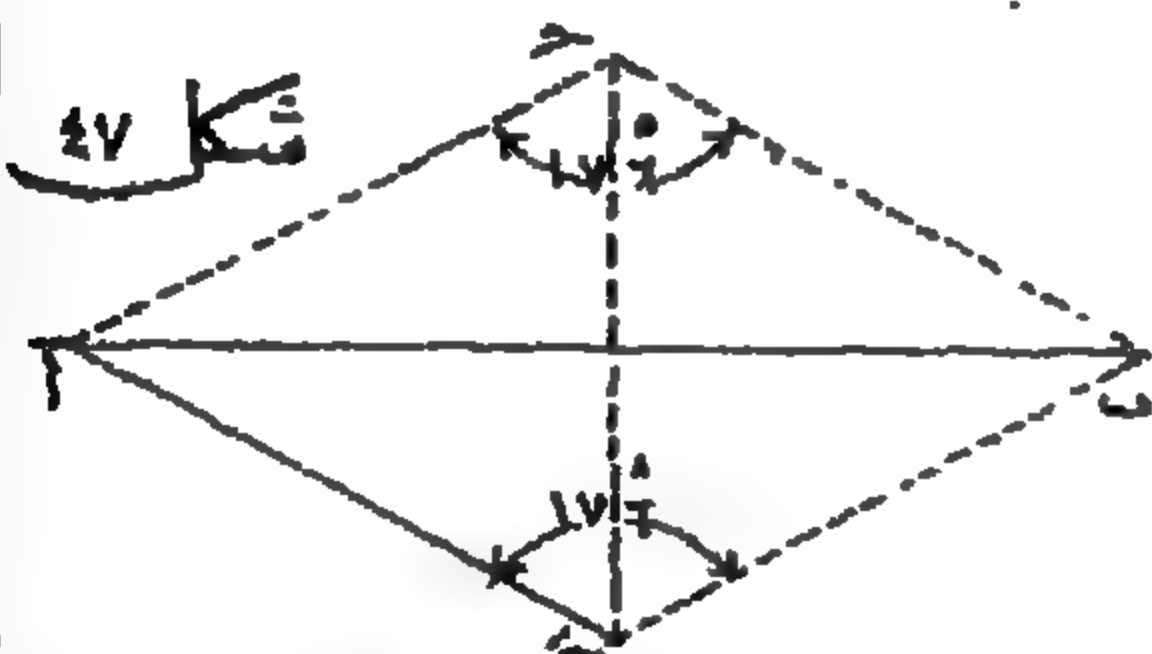
المزدوج بسبب عدم تحقيق ذلك فلا يمكن أن تكون الزوايا المرسومة بهذا المثلث مضبوطة أكثر من المرسومة بمثلث المساح وحيث أن هذه الآلة هي سرعة الأعمال ومنهولتها

(مضار مثلث المراتبات)

بـ ٤٤ - هذا المثلث به ضرر عظيم وهو كون مرآياته مسندة للخلل وبالنسبة لذلك يلزم تحقيقه كثيراً وتصليحه عند اللزوم ومن أجل ذلك قد جعلت إحدى مرآتي كل ازدواج قابلة للتحرك بواسطة مفتاح ملتصق بالآلة

(تحقيق وتصلح مثلث المراتبات)

بـ ٤٥ - أولاً - لتحقيق مرآتي الازدواج القائم بوضع المثلث في حذاء المستقيم الواصل بين نقطتين مثل أ و ب (شكل ٤٧) على بعد مائة متر تقريباً من كل منهما كما في بـ ٤٦ بالنظر مباشرة إلى أمثلا وإلى نقطة ب بالانعكاس المضاعف وليكن وضع المثلث في نقطة ح (ولنفرض للسهولة أن زاوية الازدواج هي ٨٨° بدل أن تكون ٩٠°)



فيثبت زاوية أ ح ب تكون مساوية

$١٧٦ = ٨٨ \times ٢$ بدل أن تكون في

المثلث المضبوط ١٨٠ فتعلم نقطة ح على

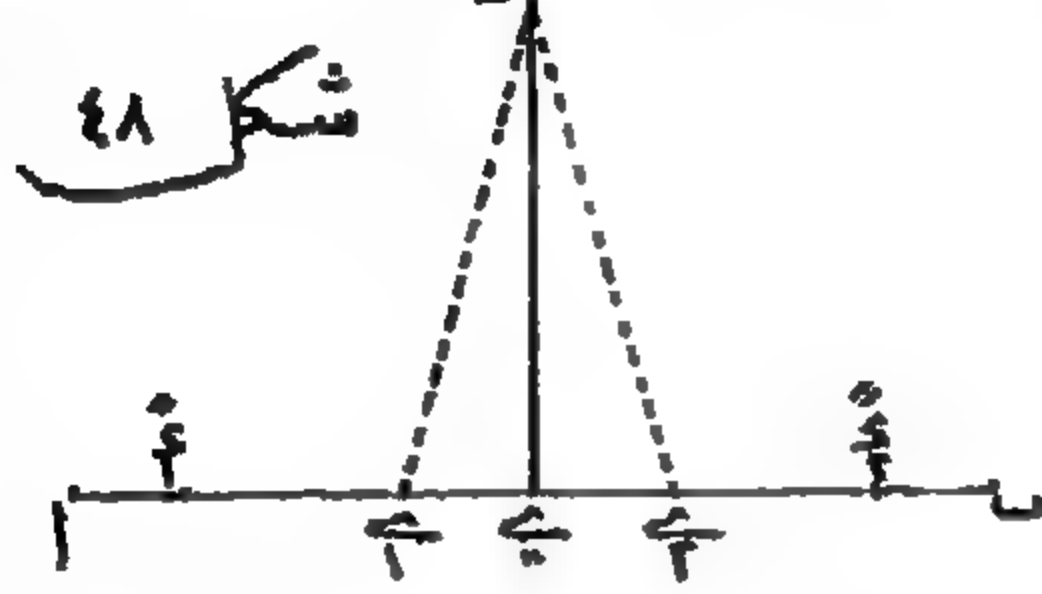
الأرض بإسقاط منتصف المثلث بواسطة خيط الرصاص ثم يدار المثلث بحيث تنظر نقطة ب مباشرة ويصير التقدم إلى الامام والتأخر إلى الخلف إلى أن ترى نقطة أ بعد الانعكاس المضاعف على اتجاه نقطة ب فتحدد حينئذ نقطة ثانية لمحل المثلث مثل ح

(بحيث أن الزاوية أ ح ب تكون ١٧٦° أيضاً) وحينئذ فالنقطة د التي توجد بالضبط الكلي في منتصف ح د تكون هي نقطة من اتجاه أ ب

وعلى ذلك يمكن استعمال المثلث المختل بأخذ رصدتين في كل دفعة كما في مثلث المساح بـ ٤٦ - لتصلح خطأ الازدواج القائم بوضع المثلث في نقطة د (ويلزم استعمال خيط الرصاص لضبط وضع نقطتي ح و د ولو وضع مركز الآلة بالضبط الكلي على

اتجاه الرأس القائم من نقطة د) ثم ينظر مباشرة لاحدى نقطتي أ وب وتدار البريعة التي تحرك المرآة المتحركة الى أن ترى النقطة الثانية بعد الانعكاس المضاعف منطبقة على النقطة الاولى وبذا يتحقق أن المثلث مضبوط

وثانيا لتحقيق زاوية الازدواج ذى النصف قائمة يجرى العمل كما في الشكل ٤٨ بان ينزل عمود من نقطة د على مستقيم أ ب أولا (شكل ٤٨) بالنظر الى النقطة اضع وضع



المثلث على اتجاه خط أ ب الى أن يرى

الشخص د بعد الانعكاس المضاعف

منطبقة على نقطة أ وايضا المثلث

في الوضع ٤ فتكون زاوية أ د

ضعف زاوية المرآتين ثم يدار المثلث نصف دورة وتعاد العملية ثانيا باستعمال نقطتي ب و د فتحصل نقطة أخرى ٤ بحيث ان الزاوية ب د ٤ تكون أيضا ضعف

زاوية المرآتين وحينئذ يستقيما ٤ د و ٤ هما خطان متساويا الميل بالنسبة

للعمود فوقه يوجد بالضبط في نقطة ٤ التي هي وسط ٤ ٤ وبناء عليه يستعمل

المثلث المختل بعمل رصدتين وأخذ متوسطهما

ولتصليح الخطأ الذي يوجد في الازدواج ذى النصف قائمة يوضع المثلث بحيث يكون

مركزه على العمود القائم من نقطة ٤ ثم تدار بريعة المرآة المتحركة الى أن ترى الصورة

بعد الانعكاس المزدوج لنقطة د منطبقة على نقطة أ المرئية مباشرة ويعمل أيضا

تحقيق آخر بالنسبة الى نقطة ب ومن الواضح أنه في مثل هذه التحقيقات يستعمل دائما

الخط الرصاص لاسقاط مركز المثلث على الارض بالضبط

ملحوظة - عند استعمال هذا المثلث يلزم أخذ رصدتين في كل دفعة وتعيين متوسطهما

لاجل أن تكون الاشغال التي تجرى به مضبوطة جدا

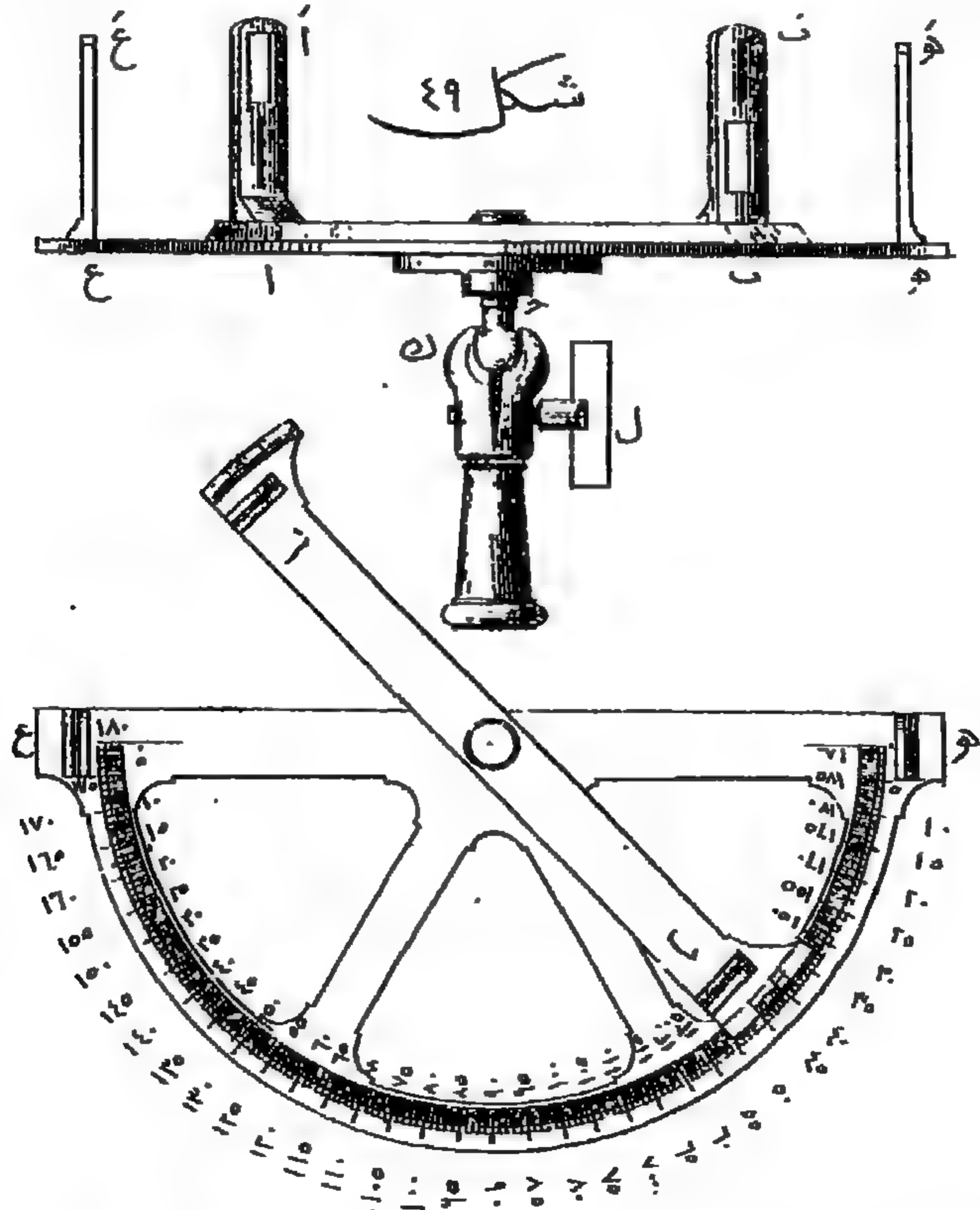
وليتنبه أيضا أن المثلث المذكور لا يفرق عن مثلث المساح الا بكونه لا يرسم خطا مائلا

على آخر بزاوية قدرها ٤٥°

المبحث الثالث

في الجرافومتر

بـ ٤٧ د - الجرافومتر هو واحد الآلات المهمة الكثيرة الاستعمال لقياس الزوايا بالدرج وكسورة وهو يتركب من ثلاثة أجزاء أصلية الأولى الحافة الثانية العضادتان الحاملة كل منهما ماشطيتين وواحدة من العضادتين متحركة حول مركز الحافة والاخرى ثابتة الثالثة الركبة التي بواسطتها تثبت الآلة على أرجل ذات ثلاث شعب فالحافة عبارة عن نصف دائرة من النحاس الأصفر قطرها من ٣٠ متر إلى ٣٠٠ متر كافي (شكل ٤٩) مقسمة إلى درج وانصاف درج من تقاسيم محيط الدائرة والاعداد ترقم



عليها كما هو مبين بالشكل بحيث يمكن استعمالها حسب الإرادة للعبد من جهة اليمين

الى جهة اليسار وبالعكس والعضادة المتحركة هي مسطرة مجهزة على قائم به يمكن دورانها حول مركز الدائرة وتنتهي بقوسين متحدين المركز مع الحافة وتعمل في نهايتها اوب شطيتين عموديتين على سطح المسطرة وكل من هاتين الشطيتين مثقوبة من وسطها بشرخ وشباك مستطيل به شعرة رفيعة فتوضع العين خلف شرخ احدى الشطيتين والشعرة الموجودة بالشباك المقابل له تستعمل لتحديد اتجاه الشعاع البصرى ثم ان أثر الشعاع البصرى المذكور يعلم على نهايتى قوسى العضادة نقطتين د و ه مميزتين بلمرة صفر (٠) وتعتبر ان بدا التقاسيم الوردية (وسيا فى الكلام عليها) وأحدهما من الصفرين هو الذى يقابل قسم الحافة الواقعة عليه العضادة وأما العضادة الثانية فلها شطيتان ع وه كشطيتى العضادة المتحركة وهى مثبتة بدون تغيير فى مستوى الحافة بحيث ان الشعاع البصرى المار بشرخ وشعرة شطيتها يمر بصفر ١٨٠ من الحافة

والركبة تتركب من الجزء العلوى ك (شكل ٩٤) المار منه الساق حل الرابط للعضادة المتحركة مع الحافة وينتهى من جزئه الكروى الاسفل بسمار مقلوطن ل ربط الآلة مع الركبة ك بحيث انه عند ربطه يمكن ادارة الحافة والعضادة حول حل وهذه الحركة تسمى بالحركة العمومية للآلة

فاذا كانت هذه الحركة سريعة جدا فيكفى ربط البرمة ل وان كانت بطيئة جدا فتفك هذه البرمة والجزء السفلى للركبة يتركب من جزئى التجويف الذى تدخل فيه كرة الركبة ويمكن تضيقه عليها أو توسيعه حسب الارادة بواسطة مسمار مقلوطن وأسفله الساق المجوف الذى يسمح لوضع الآلة على أرجلها

وفي بعض الآلات يوضع بالقرب من أسفل الساق المجوف مسمار برعى يضغط الزنبرك لتثبيت الآلة على ساق الارجل

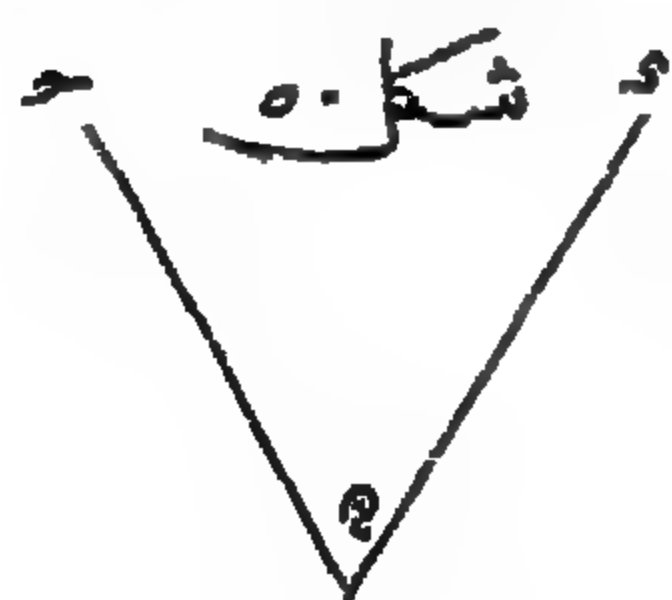
ثم انه يوجد داخل الحافة وأسفل مستويها روحان سوية فى مستويها مواز للحافة واتجاههما متعامدان ومن غلافهما تطهر فقيعنا الهواء من وجهين متعامدين لسهولة استعمالهما فى وضع الحافة أفقية أو رأسية ويستعمل فى بعض الآلات روح نسوية كروية وعادة تثبت أسفل مستوى الحافة دائرة من البلاطين مقسمة الى درج ومثبت فى مركزها

حامل رأسى ترتكز عليه ابرة مغنطيسية بواسطة قص من عقيق لمنع الاحتكاك ثم ان الدائرة البلاستينية مغطاة بقرص من زجاج وتوجد رافعة لتثبيت الابر اى منعها من الحركة عند اللزوم ومنفعة هذه الابر مشروحة في مجت البوصلة

(وضع الجرافومتر في نقطة الوضع وقياس الزاوية المحصورة بين اتجاهين)

(بشكل ٤٨) - نقطة الوضع هي النقطة الارضية التي توضع فيها الآلة بشرط أن تكون أفقية ومركز الحافة والنقطة الارضية على خط واحد رأسى

فاذا أريد قياس زاوية ح د (شكل ٥٠) يوضع الجرافومتر في رأسها د بحيث تكون أرجله مفتوحة قجما موافقا لارتفاعه ارفعا مناسباً وتكون مغروسة في الارض أو من تكزة عليه اجيدا ثم تربط المسامير البريئة التي تجمع الأرجل بساقها وذلك بعد جعل مركز الحافة أومحور الساق ونقطة د



على خط واحد رأسى بواسطة خيط الرصاص ثم تفك البرمة الرابطة لكرة الركبة وتوضع الحافة في المستوى المار بنقطتي ح و د ويسمى ذلك بخفض البصر الى

حداه مستوى الحافة ثم تميل الحافة باليد الى أن تمر الاشعة البصرية بالماسسة لمستويها بنقطتي ح و د فينتد تربط البرمة المذكورة وفي هذه الحالة يقال ان الآلة موضوعة في نقطة الوضع ثم لقياس الزاوية يقال انه اذا استعمل الدرج المبتدئ من جهة اليمين الى جهة اليسار فتوجه العضادة الثابتة على النقطة التي جهة اليمين بتحريك عموم الآلة باليد بالحركة العمومية بحيث ان الحافة تكون على عيني الراصد

ثم يحقق وضع مستوى الحافة في المستوى المار بنقطتي ح و د وينظر ثانياً بحيث تكون العضادة الثابتة أيضاً متجهة على النقطة التي جهة اليمين ثم تحرك العضادة المتحركة الى ان يمر الشعاع البصرى المار بشطيتيها بالنقطة التي جهة الشمال فالقوس المحصور بين صفرا الحافة وصفرا العضادة المتحركة يكون هو مقدار الزاوية بالضبط

وتجرى العملية بالعكس باخذ التقاسيم المبتدأة من الشمال الى اليمين ويلاحظ انه غالباً لا ينطبق صفرا العضادة المتحركة على أحد تقاسيم الحافة وحينئذ

لا يقدر كسور الدرجة الا بالتقريب ولاجل تحديد المقدار الحقيقي يرسم على قوس العضادة المتحركة التقاسيم المعبر عنها (بالورنية) التي بواسطة تقدر الكسور الصغيرة لاقسام الحافة وهالك شرحها

(في الورنية)

بمثد - الورنية هي آلة بواسطة تقدر الكسور الصغيرة جدا لاقسام الحافة مثلا اذا أخذنا على الحافة وعلى العضادة قوسين متساويي الطول ومتجدي المركز وفرضنا أن عددا لاقسام الموجودة في قوس الحافة هي $\frac{1}{2}$ - وكل قسم منها مقداره $\frac{1}{2}$ ثم قسمنا قوس العضادة الى أقسام عددها $\frac{1}{2}$ وكان مقدار كل قسم منها $\frac{1}{2}$ فحيث أن القوسين متساويان يكون من الواضح

$$\frac{1}{2} = (1 - \frac{1}{2}) \times \frac{1}{2} \text{ ومنها}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1 - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \dots (1)$$

ثم باجراء عملية الضرب في المعادلة الاولى يحدث

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} = (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) \text{ أو}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \dots (2)$$

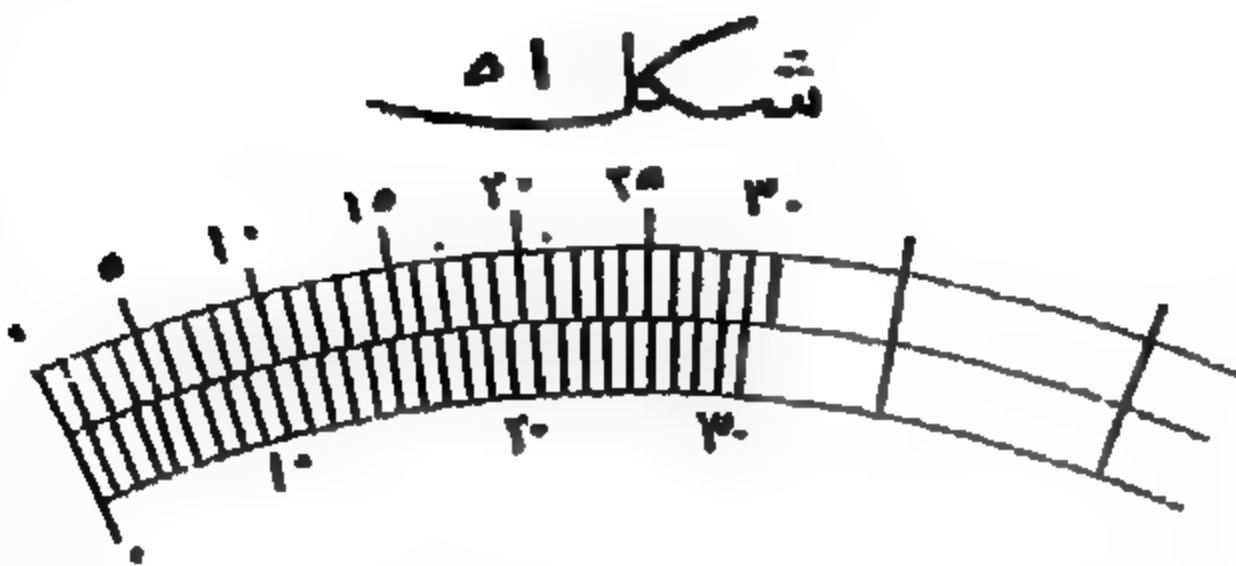
ومعادلة (2) تبين أن الفرق بين أحد أقسام الحافة وأحد أقسام العضادة أو الورنية يساوي خارج قسمة أحد أقسام الحافة على عدد أقسام الورنية وحيث أن معادلة (2) لا تتغير بضرب طرفيها في مقدار واحد يحدث

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) \text{ أو على العموم}$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = (\frac{1}{2} - \frac{1}{2})$$

وكذا حيث أن تقسيم القوسين سار في جهة واحدة فتجاوز صف الورنية أحد تقاسيم الحافة يكون تقدمه عنه مينا بالكمية $\frac{1}{2}$ أو $\frac{1}{2}$ أو $\frac{1}{2}$ الخ على حسب ما يكون

فيه الاول أو الثاني أو الثالث أو الخ منطبقا على أحد تقاسيم الحافة لان القسم المفرد بتمرة
 ١ من الورية يكون متأخرا جهة الشمال (شكل ٥١) عن المقابل له من الحافة بقدر
 $\frac{1}{2}$ أو $\frac{1}{3}$ والقسم ثمرة ٢ متأخر عن المناظر له بقدر $\frac{2}{3}$ وهكذا غاية القسم ثمرة ٥
 من الورية الذي يكون متأخرا بالمقدار



$\frac{1}{2}$ عن القسم الذي ثمرته ٥ من
 أقسام الحافة وينتج من ذلك ان اذا
 قدمنا الورية بقدر $\frac{1}{2}$ مرات صحيحة

محصورة بين صفر و ٥ فيكون القصد من هذه الحركة هو أن يصل قسم
 الورية الذي ثمرته هذه المرات الصحيحة (أي معامل $\frac{1}{2}$) الى المناظر له من أقسام الحافة
 وبالعكس اذا روى أن صفر الورية متجاوز صفر الحافة بعدد مرات $\frac{1}{2}$ فيمكن معرفة
 عدد هذه المرات أن يبحث عن رتبة القسم من الورية الذي يكون منطبقا على المناظر له
 من الحافة فتكون رتبته هي عدد المرات

٥٥ - ويستنتج من ذلك أنه يقتضى عند تقدير الزاوية أن يبحث عن قسم الورية
 المنطبق على أحد تقاسيم الحافة وتضرب ثمرته في $\frac{1}{2}$ ويضاف الناتج الى العدد الصحيح
 من الاقسام التي بينها صفر الورية على الحافة فينتج مقدار الزاوية

ويتفق أنه لا يوجد قسم من الورية منطبقا على أحد تقاسيم الحافة بان يكون قسم من
 الحافة مشتملا على قسمين من الورية مثلا فتؤخذ القراءة المتوسطة بين قراءتي القسمين
 الداخلين في قسم من أقسام الحافة وخطأ القراءة يكون حينئذ مينا بمقدار $\frac{1}{2}$ حيث

$$\text{ان } \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

٥٥ - ولنطبق هذه النظرية على الآلات الطبوغرافية فتلا في الجرافومتر طول
 القسم الواحد من أقسام الحافة يساوي نصف درجة أو ٥٠ على حسب التقسيم الجديد
 و ٣٠ في التقسيم القديم وتعمل الورية بحيث يكون $\frac{1}{2}$ مينا العدد صحيح من الدقائق
 ولذا يجعل ٥٠ أحد قواسم ٥٠ في التقسيم الجديد أو ٣٠ في التقسيم القديم

مثلا اذا كانت الحافة مقسمة حسب التقسيم الجديد وكان $\bar{50} = s$

فجعل $10 = s$ يكون $s - s = \bar{0} = \bar{0}$

ويجعل $50 = s$ يكون $s - s = \bar{0} = \bar{1}$

واذا كانت الحافة مقسمة حسب التقسيم القديم وكان $\bar{30} = s$

فجعل $5 = s$ يكون $s - s = \bar{30} = \bar{6}$

ويجعل $30 = s$ يكون $s - s = \bar{30} = \bar{1}$

وعادة يكون $10 = s$ أو 20 في التقسيم الجديد ويكون $10 = s$ أو 15

أو 30 في التقسيم القديم

بـ s - وهالك بعض أمثله لتوضيح معرفة استعمال الورنية

الاول - اذا كانت الورنية مشتملة على عشرة أقسام والحافة مقسمة الى أنصاف درج

بحسب التقسيم الجديد وكان صفر الورنية واقعا بين 40° و 50° وكان القسم الرابع

من الورنية منطبقا على أحد تقاسيم الحافة فلمعرفة مقدار الزاوية المقيسة يقال

انه بموجب (بـ s) يكون مقدار القسم الواحد من أقسام الورنية هو 0° وبملاحظة

بـ s تكون الزاوية هي $40^\circ + 5^\circ \times 4 = 60^\circ$

الثاني - اذا كانت الورنية مشتملة على 20 قسما وكان صفرها واقعا بين 98° و 100°

وكان القسم الثاني عشر من الورنية منطبقا على أحد أقسام الحافة فالزاوية المطلوبة

تكون هي $98^\circ + 2^\circ \times 12 = 122^\circ$

الثالث - من السهل جدا جعل الورنية على مقدار زاوية معلومة

مثلا اذا كانت الورنية مشتملة على خمسة وعشرين قسما والحافة مقسمة الى أنصاف

درج بالتقسيم الجديد ويراد وضع صفر الورنية محدد زاوية قدرها $83^\circ 86'$

لذلك يلزم وضع صفر الورنية بين $83^\circ 50'$ و 84° ويلزم أن يتعدى $83^\circ 50'$ بقدر $36'$

وحيث ان كل قسم من أقسام الورنية يكون محتويا على $2'$ فيمكن وضع الصفر بين

٥٠° ٨٣° و ٨٤° وتطبيق القسم الثامن عشر من أقسام الوريثة على القسم الذي يقابله من أقسام الحافة

الرابع - إذا كانت الوريثة مشتملة على ١٥ قسما وكانت الحافة منقسمة إلى أنصاف درج بحسب التقسيم القديم وشوهد أن صفر الوريثة واقع بين ٦٥° و ٣٠° ٦٥° وكان القسم التاسع مثلاً من أقسام الوريثة منطبقاً على أحد تقاسيم الحافة فيكون مقدار الزاوية هو $٦٥^\circ + ٩ \times ٢ = ٦٨^\circ$ وقس على ذلك

(ملحوظات) *

ب - أولاً ما ذكرناه في (ب - ٤٨) بخصوص قياس الزاوية الواقعة بين مستوى شيتين هونا در في الاشغال الطبوغرافية التي يقصد منها رسم المسقط الأفقي بمعنى أنه إذا قيست زاوية بين نقطتين يلزم بعد قياسها تحويلها إلى الأفق بالطرق الهندسية ويمكن مباشرة إجراء ذلك بسهولة بواسطة روح التسوية الموضوعتين على الحافة بان يفل مسمار التجويف وتحرك الحافة باليد إلى أن تصير فقيعة الهواء في كل من روح التسوية في الوسط فوق تئذ تربط البرمة المذكورة وتُقاس الزاوية الواقعة بين أي نقطتين كما سبق في (ب - ٤٨)

ثانياً - بما أن الجرافومتر معد أيضاً لقياس الزوايا في مستوراى فيسهل إجراء ذلك بفل مسمار تجويف الكرة كما سبق وتحريك الحافة لوضعها رأسية بواسطة فقيعة روح التسوية التي تنظر لها في هذه الحالة من الجانب

وان لم يكن غلاف روح التسوية مفتوحاً من الجانب فيسهل وضع الحافة رأسية بمرور خيط الشاقول عليها باليد إلى أن تصير رأسية

ثالثاً - سهولة توجيه الخريطة المرسومة بالجرافومتر قد ثبتت على الحافة بوصلة صغيرة بشرط أن الخط المار بصفر ١٨٠° لحافتها يكون موازياً للعضادة الثابتة

رابعاً - في بعض الآلات توضع العضادة الثابتة أسفل الحافة بشرطها المتقدمة

خامساً - لزيادة ضبط التحرير بهذه الآلة تستعاض العضادة بتطارة لسهولة رؤية الأشياء من بعد بمعنى أنه يكون بالجرافومتر تطارتان أحدهما أسفل الحافة ثابتة

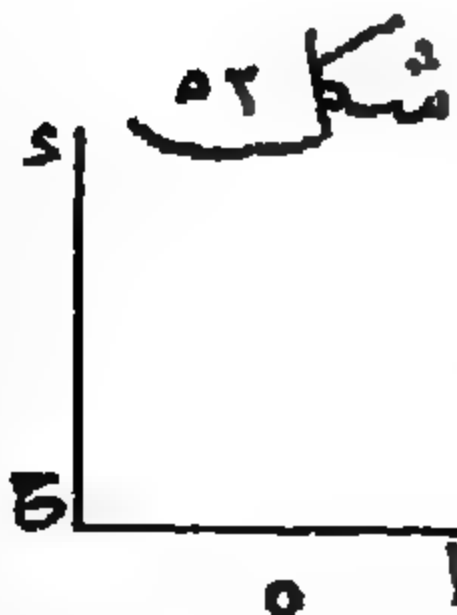
ومحورها البصري يمر بنقط صفر و 180° منها ويمكن تحريكها في مستور رأسي عند
ما تكون الحافة أفقية والنظارة الثانية متحركة ولها أقوسان كورنيتين بحيث أن المحور
البصري للنظارة يمر بصفري الورتين ويمر بمركز الحافة وزيادة على ذلك فإن النظارة
المتحركة تصحب ببرمة بطء ومقراض له برمة ثبات يدور معها حول مركز الحافة ويستعمل
لتثبيتها في محلها عند الاقتضاء

(تحقيق الجرافومتر)

٥٤ - ينبغي قبل استعمال الجرافومتر أن يتحقق من توفر الشروط الآتية فيه وهي
أولا - يلزم أن يتحرك الشعاع البصري للأداة المتحركة (نظارة كانت أو عضادة)
حول مركز الحافة ولتحقيق هذا الشرط تحرك العضادة حركة دورية على الحافة فإن
كانت في جميع الأوضاع أقسام الحافة ملازمة لأقسام الورتية بدون انفصال كان الشرط
محققا والا فاستعمال الجرافومتر عبثا حيث أنه يكون سببا في خطأ متغير يحصل في المقروء
ثانيا - يلزم أن يكون الشعاع البصري للعضادة الثابتة مارا بنقط 0 و 180° من الحافة
ولتحقيق هذا الشرط ينظر إلى نقطة معلومة بكل من العضادتين فإن كان صفري الورتية
منطبقا على صفري الحافة يعلم أن الشرط موجود ونجمل ذلك يكون هناك فرق ثابت
يلزم إضافته أو طرحه من كل زاوية تقاس بالآلة

ففي الآلات التي عضادتها الثابتة أسفل الحافة يسهل إجراء هذا التحقيق أما في الآلات
التي عضادتها الثابتة أعلى الحافة فيصعب بل يستحيل فيها النظر إلى نقطة واحدة
بكل من العضادتين في آن واحد وفي هذه الحالة يجزى تحقيق الشرط المذكور كما
سيأتي وهو أن ينظر إلى نقطة a مثلا (شكل ٥٢) بالعضادة الثابتة ثم توضع العضادة

المتحركة على q من الحافة ويوضع شاخص مثل d في اتجاه
محورها البصري فالزاوية ac تكون قائمة ثم تدار الآلة إلى
أن تأتي العضادة الثابتة على نقطة d فإن مررت العضادة المتحركة
بعد وضع صفري ورتيتها على q بنقطة a كان الشرط مستوفيا
والأبلا آلة خطا تحرير مساو للفرق بين صفري الورتية الثابتة وبين q



والاحسن ترك استعمال الآلة التي بها خطأ متى وجد خلافها أو تحريك شعرات
عضادتها الثابتة إلى أن يمر شعاعها البصري بالنقطة المارة بها العضادة المتحركة حال وضع
صفرة زيتها على صفرة الحافة

المبحث الرابع

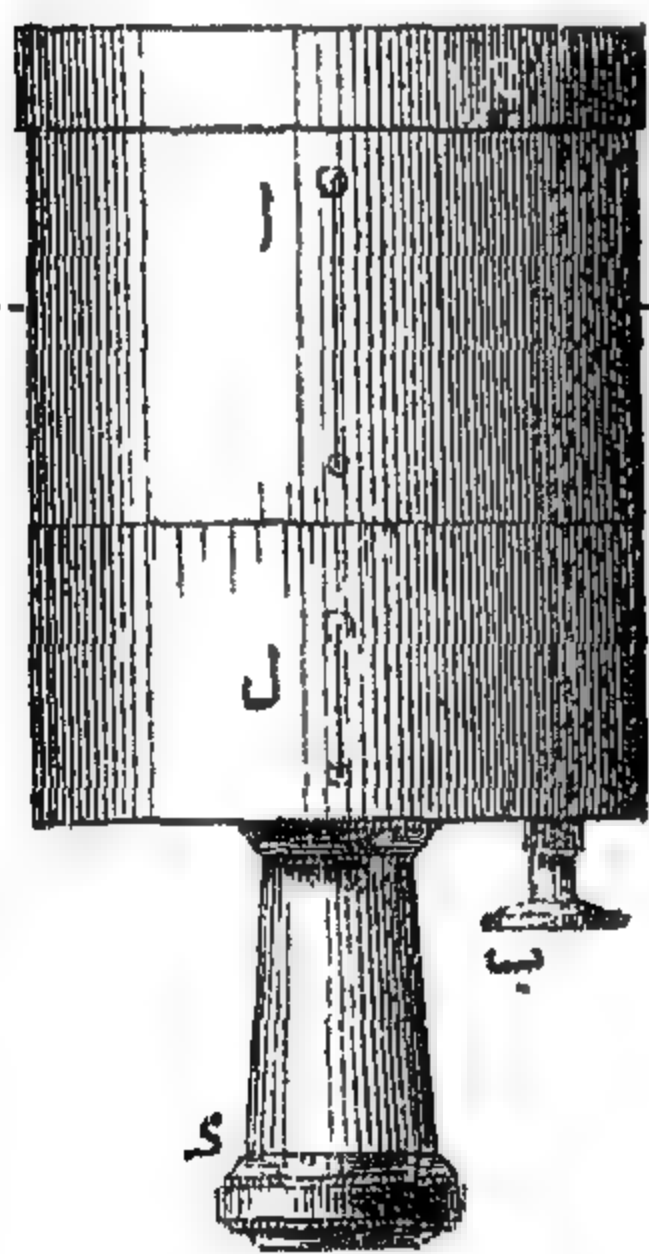
في البنتومتر

يمكن أن يستعاض الجرافومتر مع الفائدة التامة بآلة أخرى صغيرة أبسط منه تسمى
جونيوسومتر أو جونيومتر أو بنتومتر وهي أسماء مختلفة لآلات مؤبسة على خاصية
واحدة ينسب اختراعها إلى موسيوفوكير الملازم ثاني التلميذ بمدرسة المهندسين الحربية
الفرنساوية في سنة ١٨٢٢ ميلادية

(الوصف الاختصاري للبنتومتر)

بـ ٥٥ د - البنتومتر يتركب من أسطوانتين محوطين من النحاس الأصفر موضوعة
أحدهما فوق الأخرى قطرها واحد يختلف من ٠.٥ متر إلى ٠.٦ متر
والأسطوانة السفلى ل (شكل ٥٣) يمكن وضعها على رجل ذات ثلاث شعب بواسطة

شكل ٥٣

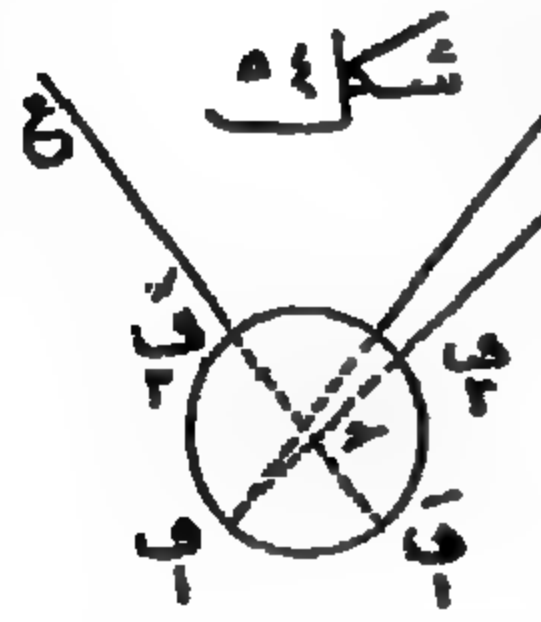


ساق يجمع مع ركة ذات مقراص كما في الجرافومتر
أو تدخل مباشرة في تجويف برعبي أسفل الأسطوانة
المذكورة وهذه الأسطوانة مدرجة من نهايتها العليا مثل
حافة الجرافومتر ويوجد بهذه الأسطوانة شرخ يقابله شبالة
به شعرة رأسية بحيث أن المستوى الرأسي المار بهما يمر
بمحور الأسطوانة ويقطعها في راسين أحدهما هو المار
بصفرة الدرج والثاني هو المار بنمرة ١٨٠

وأما الأسطوانة العليا ١ فانها تدور حول المحور المشترك
للأسطوانتين بواسطة مسمار (ب) معد لتحريكها
بواسطة تعشيق طرسين مستنيتين داخل الأسطوانتين ثم إن
الأسطوانة العليا هي المستعملة كعضادة وهي مثقوبة بأربعة شباليك متقابلة

مثنى كشبيك مثلث المساح والمستويان الرأسيان المار كل منهما بشبا كين متقابلين
يمران بمحور الاسطوانة ويتقاطعان عليه في زوايا قائمة بحيث ان الاسطوانة العليا
تستعمل وحدها كمثلث مساح ويوجد بهذه الاسطوانة ورنية واحيانا ورنيتان
مضبوطتان متقابلتان بحيث يكون صفرها في المستوى الرأسى المار بشبا كين
متقابلين وتستعمل هاتان الورنيتان لقراءة الزاوية على حافة الاسطوانة السفلى
(قياس الزوايا بالبنطومتر)

٥٦ د - لقياس الزاوية الواقعة بين نقطتي د و ع (شكل ٥٤) يوضع البنطومتر
في رأس الزاوية ويجعل محور الاسطوانتين رأسيا ويحصل ذلك
بتحريك إحدى شعب الرجل واستعمال خيط الشاقول أو بواسطة
حركة الركبة ذات المقرص ان كانت موجودة مع استعمال روح
تسوية كروية لزيادة الضبط مثل د (شكل ٥٣) موضوعة
فوق الاسطوانة العليا ثم تحرك الاسطوانة السفلى باليد الى أن يمر



الشعاع البصرى المار بشرخها والشعرة المقابلة له بإحدى النقطتين ولتكن د مثلا
ثم تدار الاسطوانة العليا باليد أو بمسماها الى أن يمر الشعاع البصرى المار بالشرخ
والشعرة المقابلة له الحامل للورنية بالنقطة ع ثم تقرأ حينئذ الزاوية المطلوبة التي
معياريها هو القوس الذي تحركت به الورنية على درج حافة الاسطوانة السفلى ومقدارها
يكون مقربا من ٢ في الآلات المعتادة

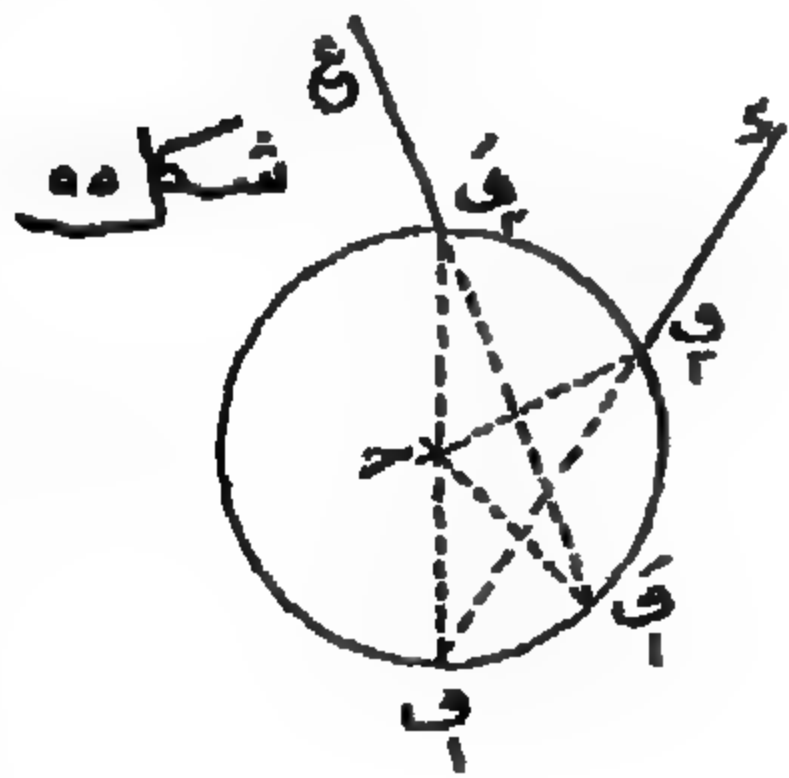
(تحقيق البنطومتر)

٥٧ د - قبل استعمال البنطومتر يلزم أن تستكمل فيه الثلاثة شروط الآتية وهى
أولا - يلزم أن يتقاطع المستويان الماران بكل شرخ وشباك من الاسطوانة العليا على
زاوية قائمة ويتحقق ذلك بعثل ما حصل في مثلث المساح
ثانيا - يلزم التحقق من أن العضادة بين صفرا حينما يتجه على نقطة واحدة بكل من
الشعاعين البصريين المار أحدهما بالشرخ وشعرة الشباك المقابلة له من الاسطوانة
العليا والآخر بالشرخ والشباك المقابل له من الاسطوانة السفلى
ولذلك يلزم تطبيق صفرا للورنية على صفرا الحافة بغاية الضبط بواسطة عدسة معظمة

ثم يوجه الشعاع المار بالشرح والشعرة من الاسطوانة السفلى على شاخص رأسي أو على نقطة ظاهرة و ينظر للشعاع البصري المار بالشرح والشعرة المقابلة له من الاسطوانة العليا الكل من النقطتين بان يتطرا أو لا للنقطة الاولى د (شكل ٥٤) عندما يكون صفير الزاوية على صفير الحافة ثم ينظر من الاسطوانة السفلى وينت شاخص هـ على امتداد الشعاع البصري لها وتحرك الاسطوانة العليا الى أن يمر شعاعها البصري بالنقطة الثانية مع تحقيق مرور الشعاع البصري السفلي بالشاخص هـ (لما لمية عدم تحرك الاسطوانة السفلى) فالزاوية التي بينها الزاوية تكون هي المطاوعة

ثالثا - يلزم التحقق من عدم وجود خطأ من كزي بهذه الآلة بمعنى ان الاسطوانة المتحركة تدور بالضبط حول مركز تقاسيم الحافة وبخلاف ذلك لا يكون مقياس الزاوية التي ترسمها العضادة هو القوس المحدد بالورنية

ولتحقيق هذا الشرط يقال ان الآلات المصنوعة جيدا يكون بها ورنيتان متقابلتان بهما يعرف الخطأ المركزي بسهولة ان كان موجودا ولذلك يلزم تطبيق صفير احدي الورنيتين على أحد تقاسيم الحافة بالضبط الكلي بواسطة عدسة معظمة ثم يقرأ العدد الذي يبينه صفير الورنية الثانية فان كان فرق العددين المبينين بالورنيتين مساويا ١٨٠ في أوضاع مختلفة لهما كان الشرط محققا لكن يمكن ان يوجد بالآلة فرق ثابت وإشارته تكون دائما واحدة في القراءتين المتقابلتين وفي هذه الحالة يمكن اجراء



أشغال مضبوطة بمثل هذه الآلة لانه يعلم من (شكل ٥٥) أن الخط الواصل بين الورنيتين ف ف بدل ان يكون قطرا فانه يكون وترًا ويحدد قوسا ثابتا على المحيط وهذا لا يمنع العضادة من أن تكون في المركز

وبالتسوية لذلك ففرق القراءات على ورنيتيه في الابتداء

وفي الانتهاء يعطي معيارا مضبوطا للزاوية المرسومة بالشعاع البصري بالذهب من احدي النقطتين للآخرى لان خطهما ف ف يدور بالحقيقة حول مركز تقاسيم

الدرج γ وتكون إحدى الزوايا \angle ف \angle أوف \angle ف \angle المرسومة بأحدى الورتين
زاوية ثابتة

وبالعكس الفرق الثابت بين القراءتين على الورتين ان كان تغيره تارة في جهة وتارة في
أخرى في حالة وجود خطأ مركزي فإن خط الورتين \angle ف \angle يدور حول نقطة خلاف
مركز التدرج وحيث نقياس الزاوية المرسومة بخط الورتين لا يكون أحد القوسين
 \angle ف \angle أوف \angle ف بل نصف مجموعهما حيث ان رأسها يكون بين المركز والمحيط

ومن هذا يتضح انه يمكن استعمال آلة بها خطأ مركزي بشرط ان يكون بها ورتين
ويتجنب الخطأ المركزي بأخذ متوسط القراءتين للورتين في كل زاوية
وأما في الآلات التي ليس بها الاورنية واحدة فيعرف الخطأ المركزي بطريقة بسيطة
سهلة وهي أنه بعد تطبيق صفر الورتية على صفر الحافة بالضبط يصنع حز رفيع بالسكين
في الاسطوانة المتحركة مقابلاً بالضبط الى قطر 180° للجافة ويعمل التحقيق المتقدم
باستعمال الحز كورتية أخرى وان لم تكن الآلة محقة فاستعمالها عبث حيث لا يعلم
متوسط القراءتين بالضبط

(ضبط القياسات بالبنطومتر)

٥٨ د - متى كان البنطومتر مضبوطاً فإنه يعطى مقادير الزوايا مقربة من خمس
دقائق لكن اذا اضيفت اليه التدقيقات الزائدة بتعويض النظر من الشبالة بالنظر
بواسطة نظارة وتصلح وقوفه رأسياً بواسطة ارتكازه على قاعدة مثلثية بها ثلاث برم ثبات
وروحاتسوية وتثبت بوصلة فوقه واطرافه جرم من دائرة رأسية اليه تتحرك عليها ورتية
تبع التحريك النظارة فانه يكون مستعداً لاجراء كافة الاشغال التي تعمل بالجرافومتر
بالدقة الزائدة الا انه بهذا التركيب يلاحظ علاوة على الثلاثة شروط المقررة في (٥٧ د)
الشروط الآتية أيضاً

أولاً - انه عندما يكون صفر الورتية منطبقاً على صفر الحافة يلزم أن يكون كل من
المحور البصري للنظارة والشعاع البصري المار بالشرخ والشبالة من الاسطوانة العليا

والشعاع البصري للشرخ والشبالة من الاسطوانة السفلى في مستوى واحد رأسي
وتحقيق ذلك كتحقيق الشرط الثاني من (ب ٥٧ د)

ثانيا - ان خط صفرو ١٨٠ لحافة البوصلة يكون في المستوى الرأسي المار بمحور
التظارة وصفرة الورتية

ثالثا - اذا جعل محور الاسطوانة رأسي ووضع صفرة الورتية على صفرة الحافة الرأسية
يكون محور التظارة أفقيا

ب ٥٩ د - يمكن تغيير شكل وأبعاد البوصلة لانه يلاحظ بعد أن تكون الآلة
خفيفة تؤول الى ما يسمى بالتيودوليت الذي هو آلة عظيمة وبه تقدر الزوايا مقربة من
نصف دقيقة وأحيانا من بعض ثوان

المبحث الخامس

في البوصلة واستعمالها

ب ٦٠ د - كل ابرة ممغنطة معلقة من مركز ثقلها تهبط مائلة فانها تهبط الى اتجاه
مخصوص ثابت تسكن فيه بعد عدة اهتزازات والمستوى الرأسي المار بهذا الاتجاه
الثابت يسمى المستوى الجانبي المغناطيسي وأثره على الأفق يسمى الخط الجانبي
المغناطيسي والزاوية التي يصنعها هذا الخط مع خط الزوال الحقيقي للمحل تسمى انحراف
الابرة المغناطيسية عن خط الزوال وقد يكون الانحراف شرقيا أو غربيا تبعاً لكون
السن الشمالي للابرة (وهو الملوّن باللون الأزرق) متجهاً شرقاً أو غرباً من خط الزوال
الحقيقي ومتى كانت الابرة المغناطيسية مترتبة فان أحد طرفيها ينخفض الى أسفل بزاوية
تسمى ميل الابرة المغناطيسية وفي البوصلة الطبوغرافية يعدم هذا الميل بتعليق الابرة
من نقطة خلاف مركز ثقلها الحقيقي لتكون مترتبة أو غير المترتبة على الوجه الأسفل من
طرفها المنخفض أو تلتصق قطعة شمع تحت طرفها المرتفع

واتجاه الخط الجانبي المغناطيسي متغير ونتائج الاعمال تثبت أن انحراف الابرة لقلته
جدا لا يؤثر في استقرارها عدة أشهر متوالية ولا في التنقل في النقط الأرضية المتباعدة عن
بعضها ببعض كياومترات مربعة ويمكننا أن نقول ان الابرة المغناطيسية تبقى موازية
لنفسها في أي موضع كان ويحكم بعداومتها على هذا الاتجاه المؤسس عليه استعمال

البوصلة في الاعمال الطبوغرافية ومما يؤكده ضعف تغيرات انحراف البوصلة أنه
 شوهد في باريس سنة ١٥٨٠ أن انحراف الابرة عن خط الزوال كان 30° شرقاً
 ثم أخذ في التناقص من هذا الزمن إلى أن صار معدوماً في سنة ١٦٦٣ ثم أخذ في التزايد نحو
 الغرب ووصل نهايته العظمى في سنة ١٨٢٠ وكان مقداره 32° غرباً ثم في سنة
 ١٨٨١ في بلدة فوتين بلو وصل إلى 16° غرباً وان الانحراف كان في مصر سنة ١٢٧
 هجرية يبلغ 8° نحو الغرب وفي سنة ١٢٩٠ لم يصل إلا 30° تقريباً
 وقبل استعمال البوصلة تدكر تغيراتها اليومية فنقول

أن هذه التغيرات تؤثر على ضبط رسم الخريطة بواسطة البوصلة ويمكن أن تصل هذه
 التغيرات إلى 20° فأكثر في الساعة ٧ أو ٨ قبل الظهر إلى الساعة واحدة بعد
 الظهر يكون التغير نهاية صغيراً ويكون من 5° إلى 6° ومن الساعة واحدة بعد
 الظهر إلى الساعة ٩ يصل من 20° إلى 25° إلى 30° ويكون في نهايته العظمى
 لأنه عند شروق الشمس تتحرك الابرة الممغنطة وسطها الشمالي يسير نحو الغرب لغاية
 الساعة واحدة بعد الظهر وهو الوقت الذي تكون فيه التغيرات الغربية في نهايتها
 العظمى ثم تتحرك إلى جهة الشرق لغاية الساعة ٩ أو ١٠ بعد الزوال ومن
 هذا الوقت تبقى ثابتة تقريباً مدة الليل وهذه الزاوية تتغير من يوم إلى آخر وتكون
 في مدة الصيف كبيرة عن مدة الشتاء وتزداد بالقرب من القطبين وتنقص بالقرب
 من خط الاستواء

ولاجل اهمال هذه التغيرات يبدأ في العمل بالبوصلة من الساعة ١١ قبل الظهر لغاية
 الساعة ٣ أو ٤ بعد الظهر لأن في هذا الوقت تكون التغيرات محصورة ما بين 3° أو 4°
 وهو تغير يمكن صرف النظر عنه بدون خطأ محسوس

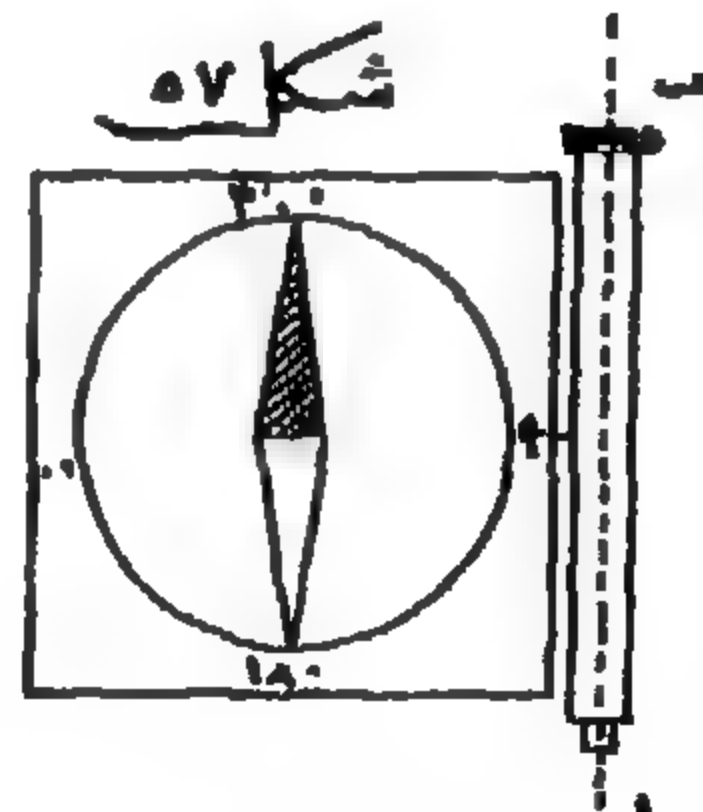
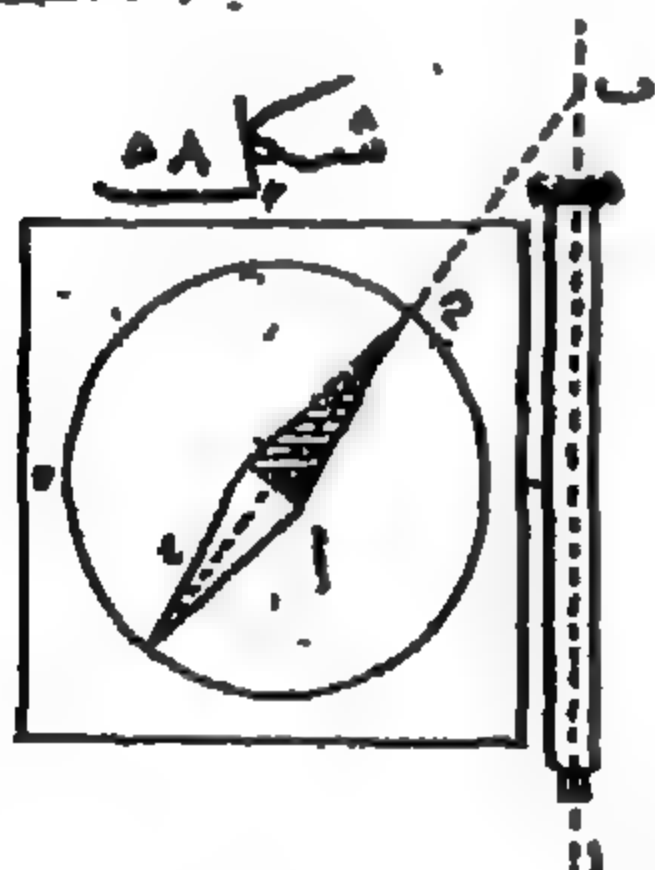
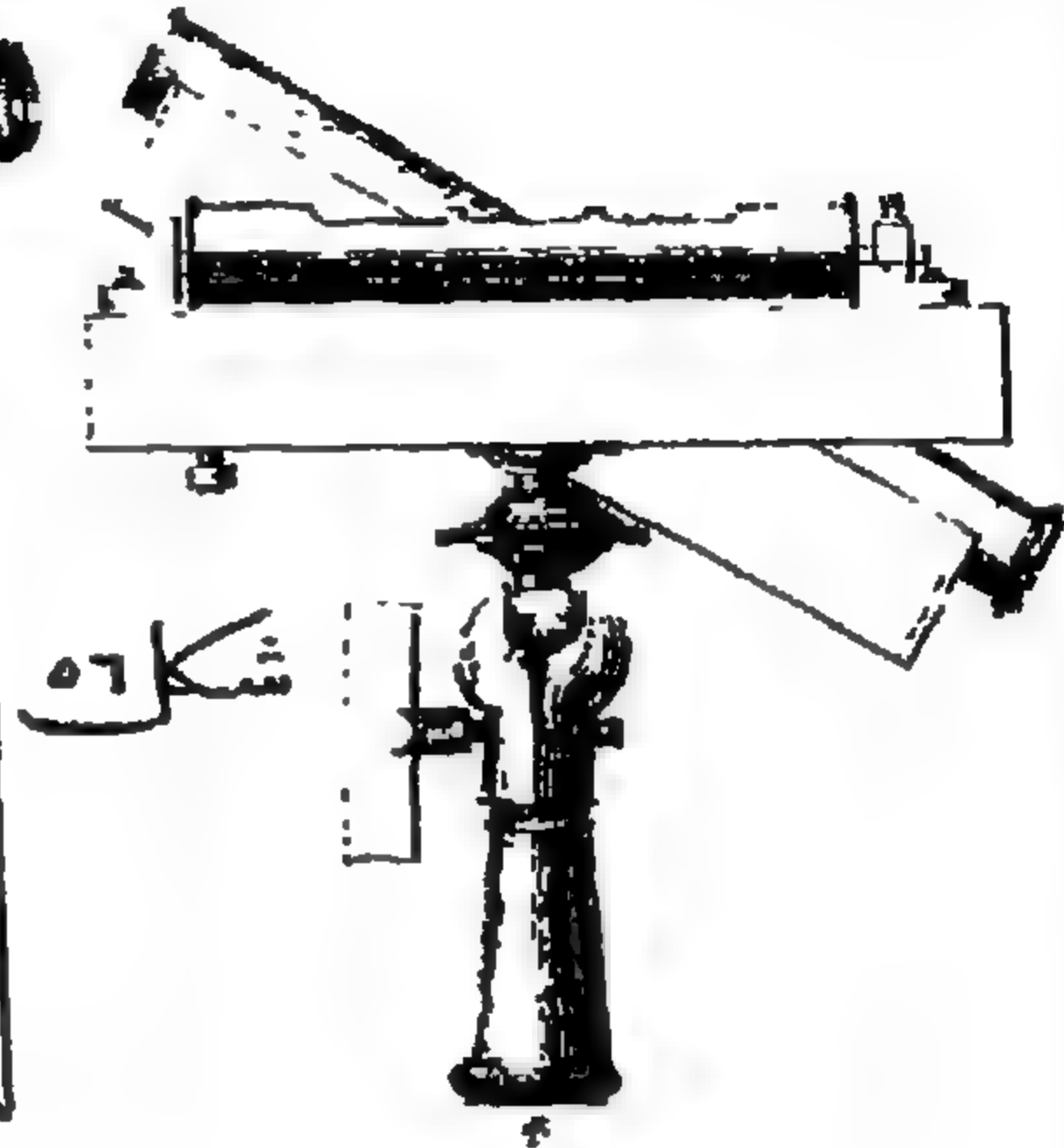
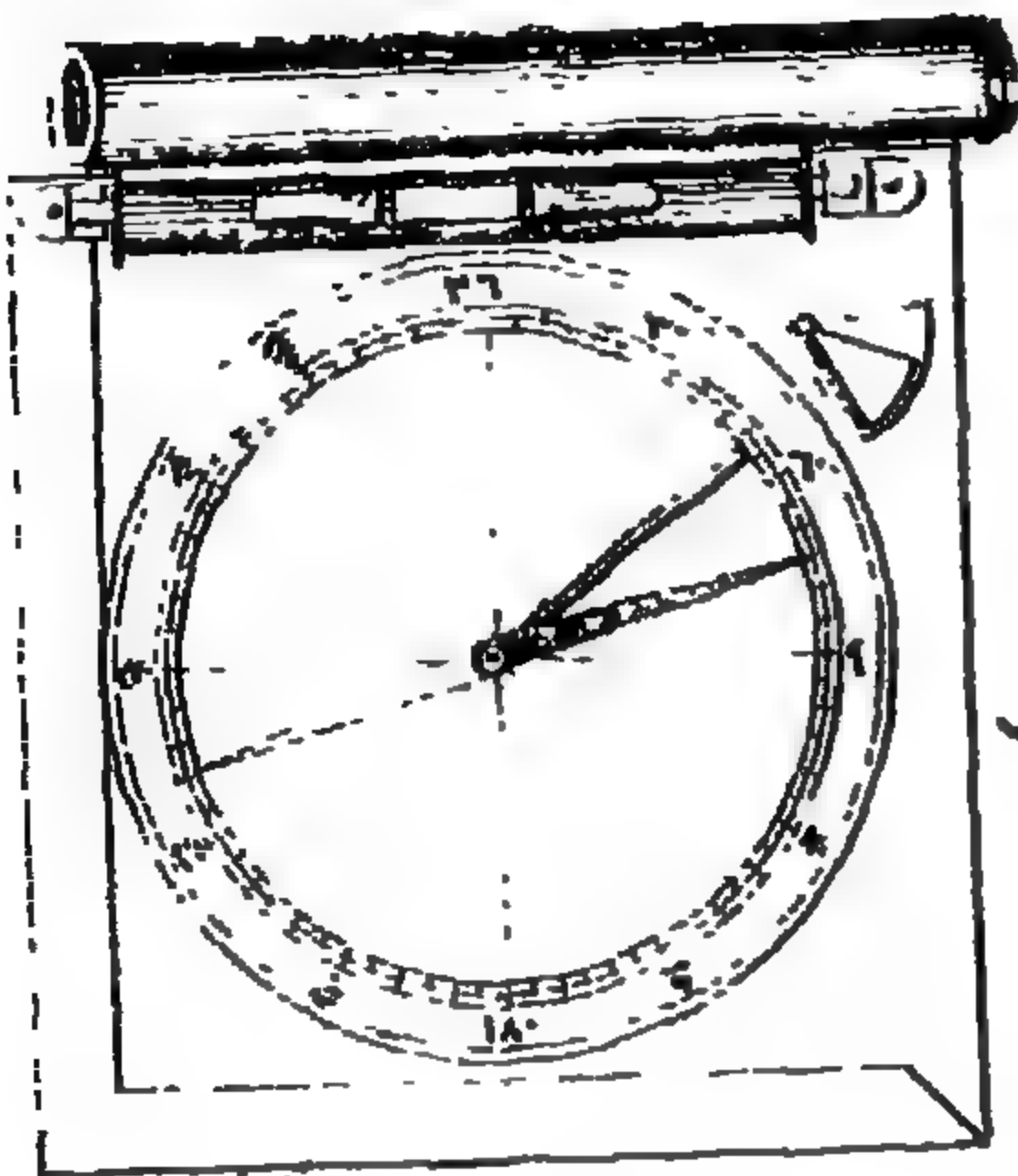
بالد - حيث أن أصناف البوصلة متعددة فنشرح تركيب الآلة المستعملة بكثرة
 وهي تتركب من ابرة ممغنطة من القولا ذمرت تكة على حامل رأسي مثبت في مركز دائرة
 سطحها مطلي بالبلاطين مقسمة إلى 360° حسب التقسيم القديم أو 400° حسب
 التقسيم الجديد وأحياناً تقسم إلى أنصاف درج وتدرج بجهاير رقم على الحافة من جهة

الشمال الى جهة اليمين وتترا الابرة المذ كورة بطرفيها على الحافة بدون تماس محسوس
ويقل الاحتكاك الذي يحدث من دوران الابرة حول الحامل الرأسى بازتكازها عليه
بواسطة قص من العقيق مثبت في وسطها ثم ان الابرة المذ كورة ملونة بلونين أحدهما
أزرق ويدل على اتجاه القطب الشمالى المغناطيسى والاخر أبيض ويدل على اتجاه
القطب الجنوبى المغناطيسى والابرة المذ كورة مع الحافة موضوعة داخل صندوق
مغطى بلوح من زجاج يحبس بواسطة شبرا وحلقة معدنية وهذا بعد غطاء أول خلاف
غطاء من الخشب يرفع وقت العمل ثم انه يوجد أسفل الابرة وفي قاع الصندوق رافعة
متى رفعت بواسطة مسمار مثبت في أحد أركان الصندوق من أعلى فان الابرة تثبت
ومتى خفضت تكون مطلقة الحركة على حاملها وأيضا فان الحافة تتحرك حركة رجوية
بواسطة طرس مسنن أسفلها يتحرك بواسطة مسمار يظهر من أسفل الصندوق وبالجملة
فيثبت على الوجه العلوى للصندوق روح تسوية واحدة وأحيانا اثنتان متعامدتان
لأجل وضع الحافة أفقية وقت العمل كما انه يوجد عضادة أو نظارة مثبتة بجانب
الصندوق المذكور بواسطة محورا أفقى بحيث ان المحور البصرى للعضادة أو النظارة
يتحرك في مستو عمودى على المحور الأفقى المذكور ويوازى للقطر المار بصفرو ١٨٠°
وأحيانا يثبت في طرف العضادة ورئيتان تتحركان على قوسين من دائرة رأسية مركزها
على المحور الأفقى المذكور وهذان القوسان مثبتان في جانب الصندوق وفائدتهما
تعيين زوايا الميل وأيضا فيثبت في وسط الصندوق من أسفل ركبة منتهية بمخروط ناقص
مخوف أشبه بركبة الجرافومتر لأجل وضع الآلة على أرجل ذات ثلاث شعب والركبة
تسمح لتحريك الصندوق حركة رجوية في مستو أفقى و (شكل ٥٦) يوضح بغاية الإيجاز
أجزاء البوصلة الطبوغرافية

ويوضع محورا الآلة رأسيا بالنظر ويستدل على كونه رأسيا والحافة أفقية بجعل الابرة
عماسا للحافة في مستو بها والوقوف وضع الحافة أفقية بواسطة روح التسوية المثبتة
أعلى الصندوق

وبواسطة هذه الآلة يمكن قياس الزوايا الواقعة بين أضلاع الشكل أو بين كل ضلع منه
واتجاه ثابت هو الخط الجانبي المغناطيسى

بـ ٦٣ - قياس الزوايا - اذا كانت العضادة أو النظارة في عيّن البوصلة بحيث
ان محورها البصري مواز لقطر الحافة المار بصفرو ١٨٠° فالنقطة المرصودة بالنظارة
تكون في المستوى الجانبي المغناطيسي متى كانت الابرة على هذا القطر (شكل ٥٧)
فاذا أدركنا الآلة بحيث ان الشعاع البصري يصنع مع الخط المغناطيسي زاوية قدرها

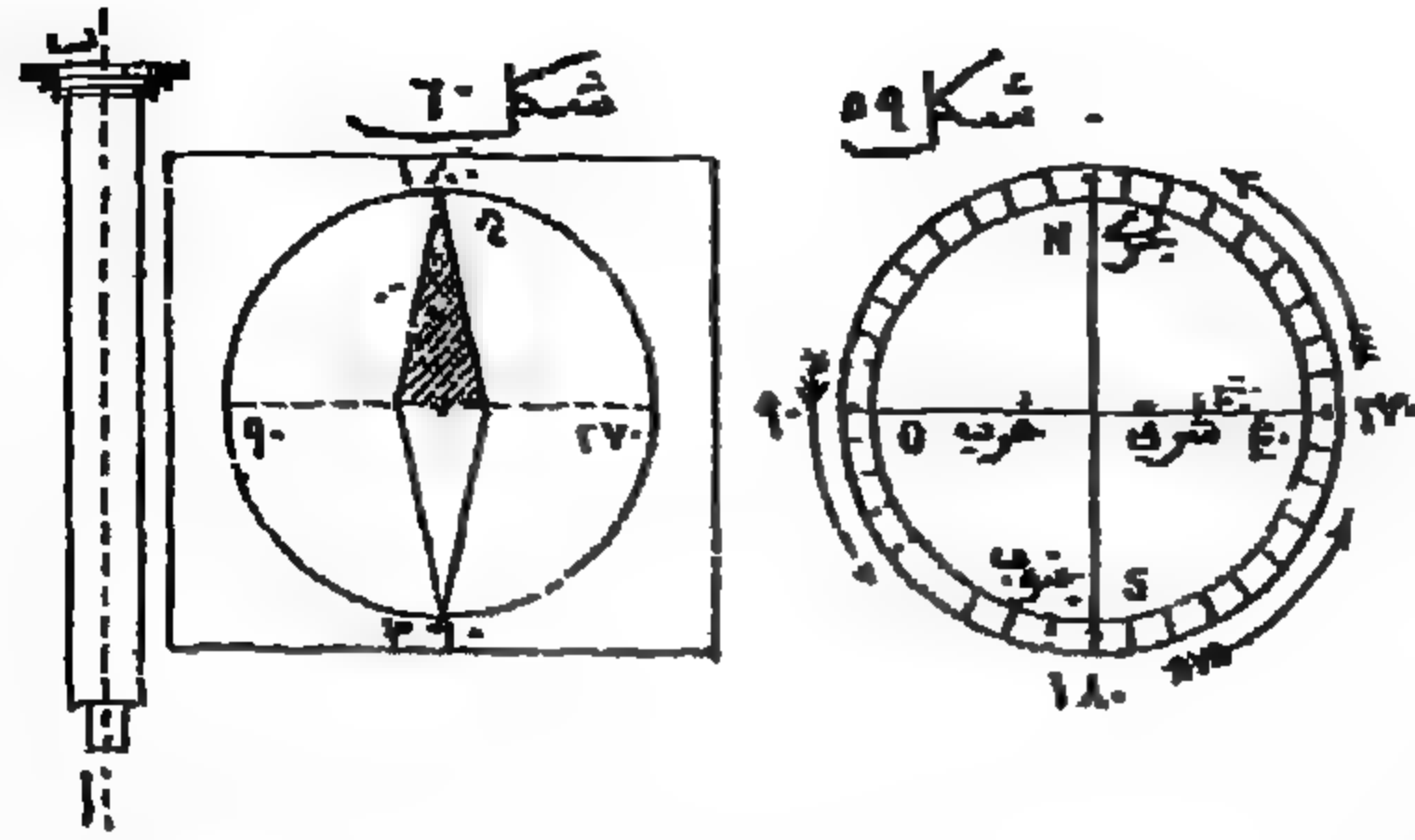


١٢٠° أو ٤٠° أو الخ جهة الشمال فقط صفرو ١٨٠° الموازي للشعاع البصري
يدور بقدر هذه الزاوية والابرة المغناطيسية تبقى ثابتة وتقرأ الزاوية التي دار بها محور
النظارة على القطب الشمالي (شكل ٥٨) من صفرا الى ٣٦٠°
بـ ٦٣ - زوايا الانحراف - الزوايا المتحصلة بين الاتجاهات المختلفة للأشعة
البصرية وبين الاتجاه المغناطيسي تسمى زوايا الانحراف بالنسبة لهذه الاتجاهات
وتعدد دائما من ٠° الى ٣٦٠° بالابتداء من جهة الشمال نحو الغرب الى الجنوب نحو
الشرق كما يتضح من (شكل ٥٩)

ولنفرض ان البوصلة موقية لكافة الشروط اللازمة لاستعمالها التي سنذكرها

فيما بعد مع كافة الاحتراسات

المقتضية



بـ ٦٤ - قياس زوايا

الانحراف - أولا - اذا

كانت العضادة والنظارة على

عين البوصلة فليقاس زاوية

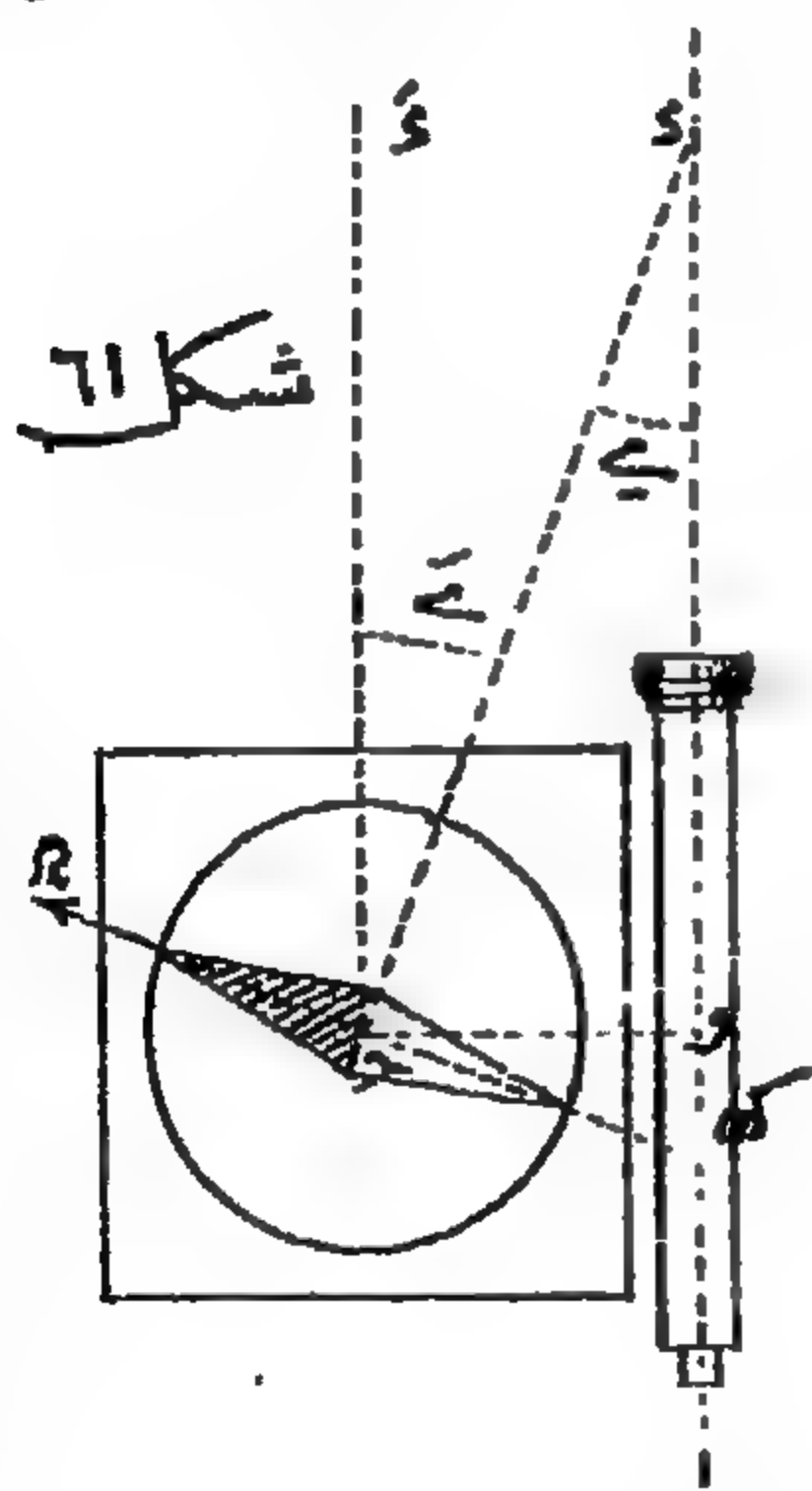
الانحراف لضلع من أضلاع الخريطة مثل أ ب (شكل ٥٨) يوضع محور الآلة على الرأسى القائم من نقطة أ بواسطة خيط الرصاص أو بواسطة قطعة حجر اسقاطا مطلقا من أسفل مركز الساق الجامع للارجل ثم توضع الآلة بحيث يكون محورها رأسيا بحركة الركبة وبعد ذلك ينظر الى نقطة ب مع بقاء العضادة أو النظارة على عين البوصلة فالزاوية ٥ التي تقرأ على الحافة بالقطب الشمالى للابرة تكون هي مقدار زاوية الانحراف المطلوبة

ثانيا - اذا كانت العضادة أو النظارة على شمال البوصلة (شكل ٦٠) فيرى ان السن الجنوبي يمين ٥ والشمالى يسار ١٨٠ ومقادير الانحرافات تقرأ حينئذ بإضافة دوران البوصلة من اليمين الى الشمال كما قلنا والقراءة في هذه الحالة على القطب الجنوبي تكون هي الانحرافات الحقيقية معدودة بالابتداء من الشمال وأما القراءة على القطب الشمالى فتختلف عن حقيقة الانحراف بقدر ١٨٠ سواء كان بالزيادة أو بالنقص تبعاً لمقادير الانحراف بفرض ان الابرة تكون دائماً قطر الحافة المقسمة كما سنبينه فيما بعد

بـ ٦٥ - سواء كانت النظارة يميناً أو يساراً فالقراءة تكون على القطب الشمالى للابرة مع تصحيح ١٨٠ كما سبق الا انه يحتمل حصول خطأ في القراءة أحيانا على قطب وأحيانا على آخر حيث انه في الغالب يحصل سهو في معرفة الزوايا اللازم تصحيحها بإضافة ١٨٠ اليها أو طرحها منها وحينئذ فلجنب الخطأ الذي يحدث يلزم وضع العضادة

أو النظارة دائماً على يمين الآلة منع قراءة زوايا الانحراف دائماً على القطب الشمالى للابرة
ولتجنب الخطأ الذى يحدث فى أرقام القراءة يلزم ان يقف الراصد فى المستوى الرأسى
المار بمحور الابرة بحيث يكون القطب الجنوبى جهته لتسكون الأرقام التى تقرأ من جهة
كاتبها وترى الأعداد بحالتها المعتادة أعنى بالذهاب من شمالها الى يمينها لانه اذا كان
الراصد واقفاً فى جهة عكسية فيرى الأرقام مقلوبة وان كانت الابرة مجاورة لخزرقم مثل
١٢٨ المتباعد عن ١٣٠ بحزبين فيمكن ان يقرأ الراصد ١٣٢ حيث انه يحتمل حصول
سهو فى نسبته الى ١٢٠ ويفرض بالظن ان الأرقام من جهة شماله الى يمينه كما هى العادة
وهذا الخطأ يلزم الانتباه الزائد اليه

٦٦ د - بيان الخطأ الناشئ من عدم وجود محور العزادة والنظارة فى مركز الآلة*
فى أعمال البوصلة التى ذكرناها لم نراع وضع مركز المستوى النظرى على الرأسى القائم
من رأس الزاوية بل وضعنا مركز الآلة على هذا الرأسى وحيث اذا فرض فى
(شكل ٦١) أن δ مركز الوضع و ϵ الخط المغناطيسى المبين بالاتجاه الثابت



للابرة المغطسة و δ محور دوران النظارة
و ϵ هو الشئ الذى يراد النظر اليه فزاوية
الانحراف التى تقدرها البوصلة تسكون هى
 δ ك ϵ أو δ مع ϵ ان الزاوية الحقيقية
هى δ و ϵ وتكون زاوية الفرق δ و ϵ
المرموز لها بحرف ϵ هى الخطأ الحادث أعنى
ان كل زاوية تبين على الآلة يلزم ان يضاف لها
هذا الخطأ

ويمكن تقدير هذا الخطأ بملاحظة ان المثلث

$$\delta \text{ و } \epsilon \text{ قائم الزاوية ومنه يحدث } \frac{\delta}{\epsilon} = \frac{\delta}{\epsilon}$$

ويرى ان الزاوية ϵ هى دائماً صغيرة جداً حيث ان جيبها مقدر بكسر بسطه هو بعد
مركز الحافة عن مركز دوران النظارة (وهو بعد صغير جداً) ومقامه (كبير جداً) هو

بعدمركز الآلة عن النقطة التي ينظر إليها فهذا الخطأ الزاوي يصغر كلما بعدت النقطة المرصودة

مثلاً إذا فرض أن $و = ١٠$ متر وهو الغالب في معظم الآلات فالخطأ الزاوي $ع$ لنقطة متباعدة عن الآلة يبعد ٦٠ متراً يكون أقل من مستدقاً وهي كمية قليلة جداً حيث أنه لا يمكن قراءتها على الآلة

٦٧ بقياس الزاوية الواقعة بين شيئين بواسطة البوصلة - لذلك نضع البوصلة في رأس الزاوية وتوجيه العضادة على كل من الشئين على التوالي وتقرأ زاوية انحراف كل من هذين الاتجاهين وتطرح زاويتا الانحرافين من بعضهما فالناتج يكون هو مقدار الزاوية الواقعة بين الاتجاهين ولكن يلاحظ أن هذه الزاوية لا تكون حقيقة هي الزاوية الواقعة بين الشئين ما لم يكونا متباعدين يبعد واحد عن مركز الآلة لأنه إذا فرض أن $د م و$ (شكل ٦٢) هما النقطتان المرصودتان فالزاويتان الحقيقيتان بالنسبة لمركز الآلة هما $د م و$ و $د م و$ والتي بينهما البوصلة بالتعاقب هما $د ل د و$ و $د م و$ والزاوية المطلوبة أي الزاوية الواقعة بين الاتجاهين تكون هي $د م و - د م و$ أو $د م و$ مع أن الزاوية المتكوّنة بالبوصلة هي $د ل د و - د م و$ وحيث تقرر أن

$$د م و = د ل د و + د م و$$

$$د م و = د م و + د م و$$

$$د م و - د م و = د م و - د م و + د م و - د م و$$

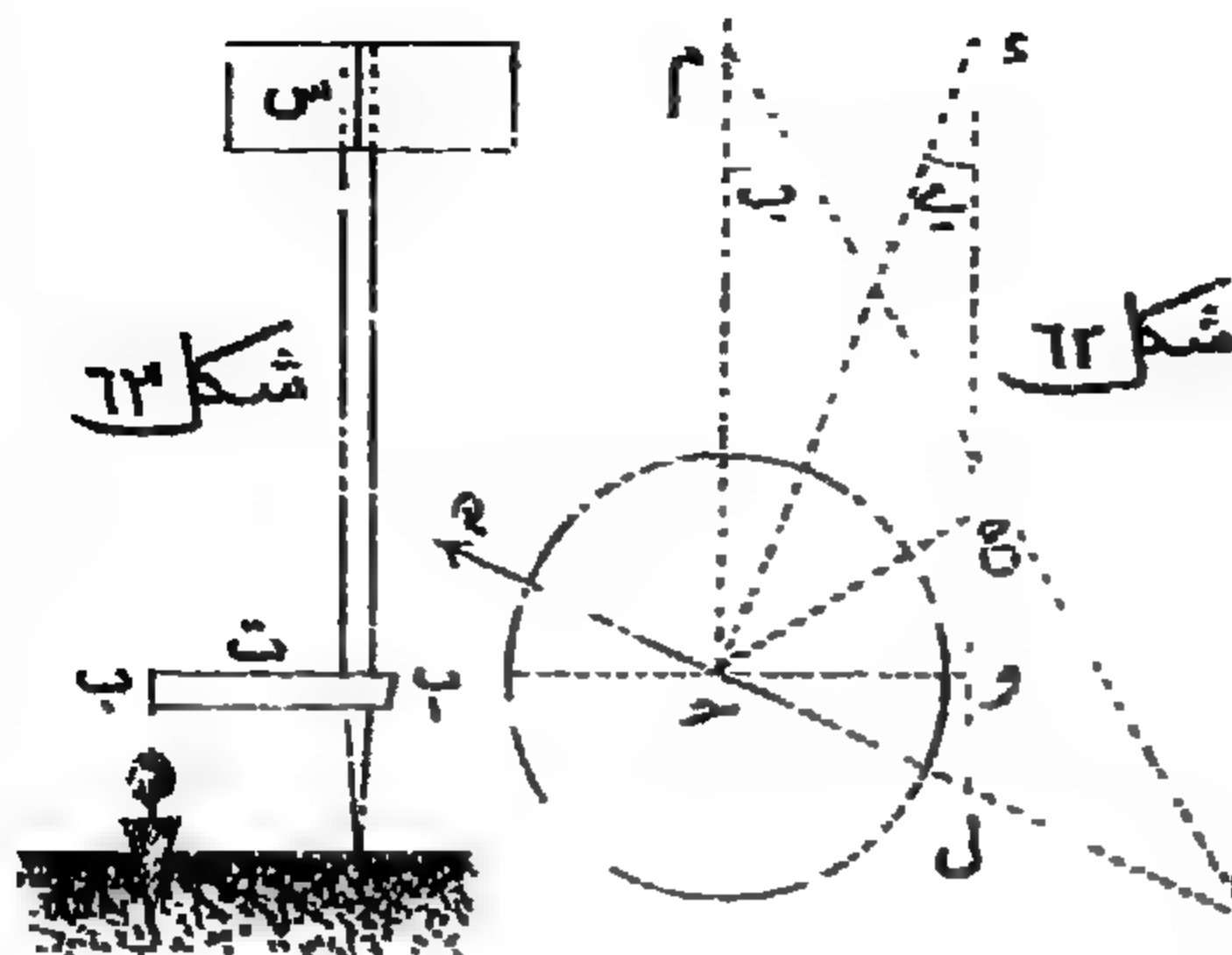
يعني أن الزاوية المطلوبة تساوي الزاوية التي تبينها البوصلة بالضبط إذا كان $د م و = د م و$ وهذا لا يحصل إلا إذا كان البعد $د م و = د م و$

ومع ذلك فهذا الخطأ صغير جداً يمكن إهماله أما إذا أريد عدم إهماله فيجربى العمل بطريقتين

الطريقة الأولى - يوضع الشاخص متباعدة جهة شمال النقطة التي يلزم نظرها يبعد مساوياً لمسافة المحصورة بين مركز الآلة ومركز النظارة أو العضادة ويسمى ذلك

باستعمال قطعة خشب ت طولها مساو للمسافة المحصورة بين مركز الآلة ومحور

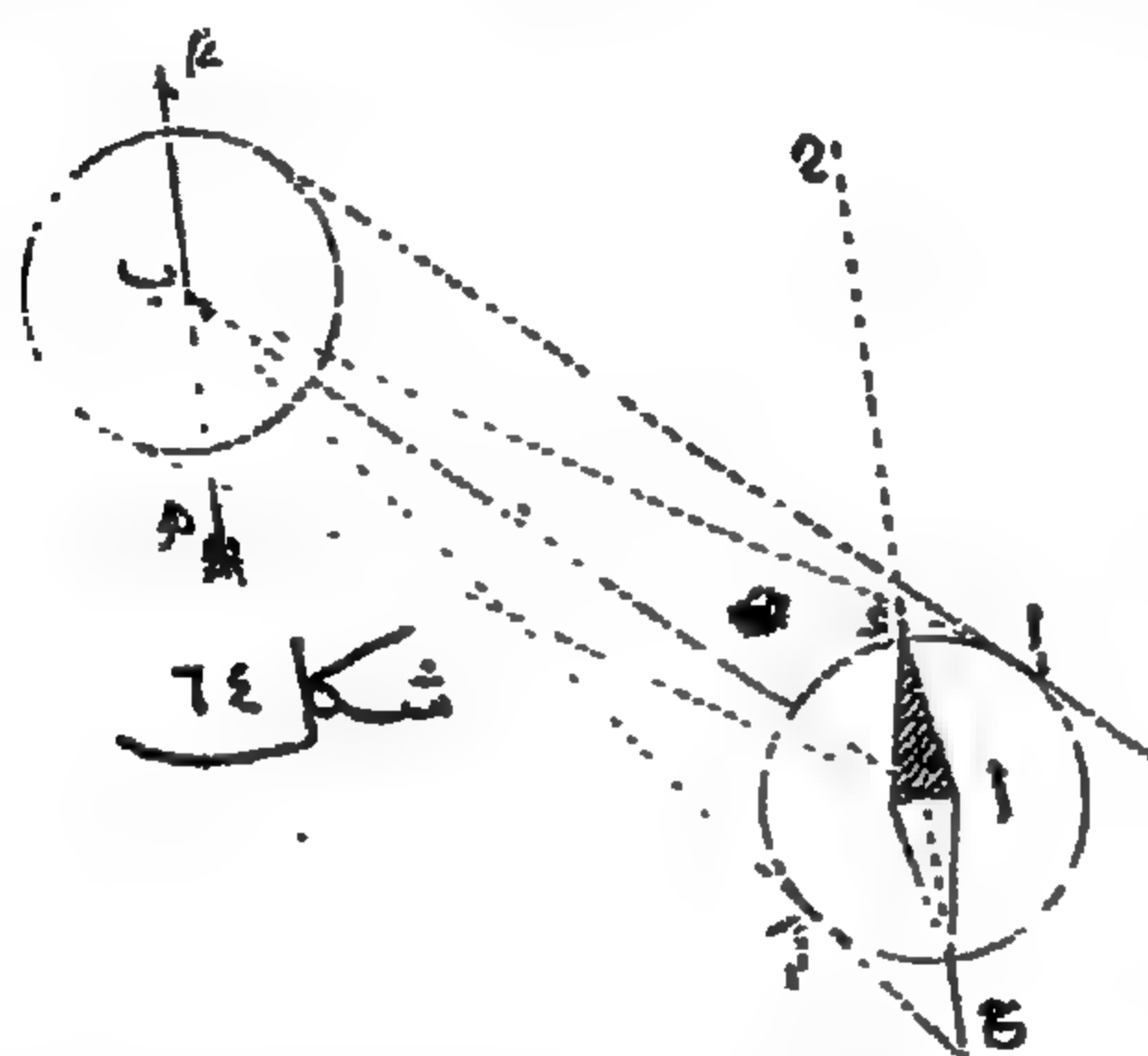
النظارة تسير بالقرب من ركيز
الشاحص ونهايتها ب توضع
على النقطة الأرضية
(شكل ٦٣) ويوجد بالشاحص
من أعلى مرتق من الصاج
ملون باللون الاسود والاحمر
وبخط أبيض أو أسود مواز
لمحور الشاحص ومتباعد عنه



بمسافة تساوى المسافة المحصورة بين مركز الآلة ومحور النظارة ويتطرق الى هـ هذا المركز
وفي هذه الحالة تقاس زاوية الانحراف بالضبط

الطريقة الثانية - ان يتطرق أولاً للشاخص ب الموضوع في النقطة المطاوعة

(شكل ٦٤) والنظارة جهة اليمين
في اتجاه أ ب ثم يطرئنا إلى النقطة
ب المذكورة والنظارة جهة الشمال في
اتجاه أ ب ثم يؤخذ متوسط القراءتين
على القطب الشمالي بعد إضافة
أو طرح ١٨٠° من القراءة الثانية فهذا



المتوسط يكون هو انحراف خط AB المطلوب لانه من الشكل يعلم أن الانحرافين
المقيسين هما B و C اللذان أولهما أكبر والثاني أصغر من انحراف
 AB بالزاويتين A و A' المتساويتين وحيث نذغ متوسطها يكون هو المطلوب

(تحقيق البوصلة وتصلحها)

٢٨ د - قبل استعمال البوصلة يجب أن تكون مستوفية للشروط الآتية

أولاً - أن تكون الأبرة معلقة الحركة على حاملها وهذا الشرط مهم حيث أنه بعدمه تنز الأبرة في غير اتجاهها الحقيقي ويكون بالزوايا التي تقرأ عليها خطأ وللتحقق من وجود هذا الشرط تدار الأبرة حركة رجوية من جهة إلى أخرى بواسطة تقريب قطعة من الحديد لأحد طرفيها فيبعد تحركها يلزم أن ترجع لحالة توازنها بعد عدة نبذات منتظمة التناقص فإذا لم تنذب وتوازنت سريعاً وبعد نبذتين أو ثلاث غير منتظمة السعة كان هذا دليلاً على أن الأبرة غير معلقة الحركة ويوجد بها احتكاك كان مختلفاً بين نقطة ارتكازها وبين الحامل فإن تحققنا من عدم وجود هذا الاحتكاك يعلم أن الأبرة غير مغطسة جيداً وحينئذ يعاد تغطسها بديلها من الوسط إلى الطرفين مراراً بواسطة قطبي المغناطيس اللذين على هيئة نعل الفرس

ثانياً - حينما يكون محور البوصلة رأسياً تكون الحافة أفقية ويتحقق ذلك بإدارة الآلة حول محورها بعد جعلها أفقية فحيث كان قطب الأبرة دائماً على ارتفاع واحد من مستوى الحافة يكون الشرط محققاً بوجود هذا الشرط تسهل قراءة أقسام الحافة المقابلة لاتجاه الأبرة وإن كان هذا الشرط غير موحدة فيلزم تغيير اتجاه المحور بالنسبة لقاع صندوق الآلة

ثالثاً - يلزم أن تكون الأبرة متزنة بمعنى أنه حينما تكون الحافة أفقية يكون قطبها مماسين لدرج الحافة ويكونان في مستوا واحد مع السطح العلوي لها ولذلك يلزم أن ينظر للأبرة بعد وضع الحافة أفقية فإن كان طرفاها مع سطح الحافة ليسا في مستوا واحد يلزم تثقيب الطرف المرتفع وبهذا ينعدم ميل الأبرة

رابعاً - أن الخط الجانبي المغناطيسي للأبرة يلزم أن يكون منطبقاً على محور شكلها فإن لم يكن هذا الشرط موجوداً فإنه يحدث في الانحراف خطأ زاوي ثابت وبالتبعية لذلك تكون كافة أضلاع الخريطة منحرفة عن حقيقتها بقدر هذه الزاوية ولا ينتج عنها اختلاف في رسم الخريطة ومثل هذا الانحراف يمكن إهماله

ويتحقق من وجود هذا الخط بثبيت النظارة على نقطة ما وقراءة الزاوية المطابقة لها على السن الشمالي للأبرة ثم ترفع الأبرة من حاملها وتقلب على وجهها الثاني فإن كانت القراءة على السن الشمالي هي عين السابقة كان هذا الشرط محققاً وإلا فلا

خامسا - يلزم أن تكون الابرّة مستقيمة بمعنى أن سنها يكونان مع الحامل في مستو واحد رأسي

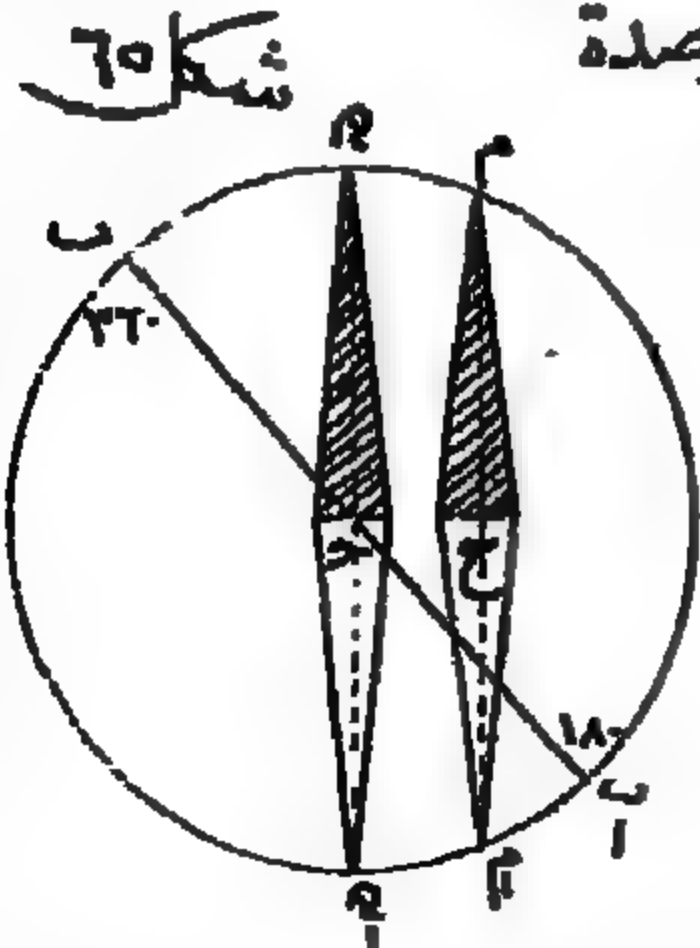
ولتحقيق هذا الشرط يرسم خط مستقيم على فرخ من ورق ثم يثبت في إحدى نقطه حامل رأسي رفيع ترتكز عليه الابرّة المغناطيسية ويحرك الفرخ الورق حول الحامل المذكور إلى أن ينطبق أحد سني الابرّة على إحدى نقط المستقيم المرسوم فإن كان السن الثاني منطبقا على هذا المستقيم تكون الابرّة مستقيمة والافلا

وان لم يكن هذا الشرط موجودا فمن الواضح أن الانحراف الذي يقرأ على القطب الشمالي يكون خلاف الزاوية التي يصنعها هذا القطب مع الموازي للخط الجانبي المار بالحامل ويحصل هنا خطأ من نوع المتقدم ولذلك يلزم أخذ القراءة على كل من سني الابرّة بحيث يكون فرقهما يساوي ١٨٠°

سادسا - يلزم أن يكون الحامل موجودا في مركز الحافة أي ان نقطة الارتكاز تكون على الرأس المار بمركز الحافة لانه ان لم يكن هذا الشرط محققا فان الانحرافات تكون غير حقيقية وتغيرها يكون بزاوية غير ثابتة تبعا لبعدها عن القطر المار بنقطة الارتكاز وقربها منه حيث ان مركز الحامل يرسم دائرة حول مركز الحافة

ولعلمومية وجود هذا الشرط تدار الآلة حركة رجوية فان كان الفرق بين قرائتي سني الابرّة في أثناء الحركة مساويا ١٨٠° يعلم وجوده فان لم يكن هذا الشرط محققا ويراد تشغيل الآلة فينبغي معرفة الزاوية الحقيقية لكل رصد وذلك توجد حالتان

الحالة الاولى - اذا فرض أن الحامل بدل مركزه بالنقطة ح التي هي مركز الحافة يمر بالنقطة ع (شكل ٦٥) فينبغي معرفة مقدار الخطأ في كل رصد



ولذلك يفرض أن خط ب ب هو المار بمركزه و ١٨٠° وان

اتجاه الابرّة هو م م فالزاوية الحقيقية التي نرمز لها

بالحرف هـ هي التي تقرأ على السن الشمالي لابرّة تصويرية

مثل هـ هـ مارة بالمركز ح وزاوية الخطأ المرموز لها

بالحرف ع تكون مينة بالقوس هـ م المحصور بين السن الشمالي للابرّة الحقيقية

والسن الشمالى للابرة التصورية والزاوية التى تقرأ هى الميمنة بقوس ب م على السن الشمالى للابرة الحقيقية قمر من لها بحرف ل وحيث ننظر الى الشكل يرى أن

$$ل = د + ع (١)$$

وأما القراءة التى تقرأ على السن الجنوبى للابرة الحقيقية فتكون ميمنة بالقوس ب م ب م قمر من لها بحرف ل و يكون

$$ل = ١٨٠ + د - ع (٢)$$

ويجمع معادلتى (١) و (٢) على بعضهما يحدث

$$ل + ل = ١٨٠ + د + د - ع + ع$$

$$ل = \frac{١٨٠ - ل + ل}{٢}$$

بمعنى أن الزاوية الحقيقية تكون نصف باقى طرح ١٨٠ من مجموع القراءتين اللتين بينهما السنان الشمالى والجنوبى

ويتحصل على مقدار الخطأ بتعويض د بمقدارها فى معادلة (١) فيحدث

$$ل = ل + \frac{١٨٠ - ل}{٢} + ع ومنها$$

$$ل = \frac{ل - ١٨٠ + ل}{٢} = ع (٣)$$

ويرى أن مقدار الخطأ يكون معدوما متى كان $ل = ١٨٠ + ل$ أى متى كان الحامل الرأسمى فى مركز الحافة وحيث نذكر متى كان الخطأ موجودا بمقدار قليل فيمكن تصليحه بعملية سهلة بواسطة مقراض يميل به الحامل قليلا من قته بحيث أنه بعد وضع

الابرة عليه يكون $ل = ١٨٠ + ل$ وهذه العملية لا يجريها الا الراصد المترن

الحالة الثانية - يمكن أن يؤخذ لكل ضلع انحرافان أحدهما فى مبدأ المستقيم والثانى رجعى فى نهاية المستقيم مع جعل النظارة دائما جهة اليمين ويؤخذ متوسط الانحرافين (بعد تصليح قائمتين للانحراف الرجعى) وفى الواقع ان فى هاتين العمليتين يأخذ

الحامل وضعين متمثلين كما في (شكل ٦٦) بالنسبة لمركز الحافة وينعدم الخطأ كما

سبق بأخذ المتوسط

والحالة الثانية تستعمل عند رسم أى

شكل بطريقة اللف والدوران وأما الحالة

الاولى فتستعمل عند الرسم بطريقة

التقاطع والثبات

سابعاً - يتحقق من أن تقاسيم الحافة

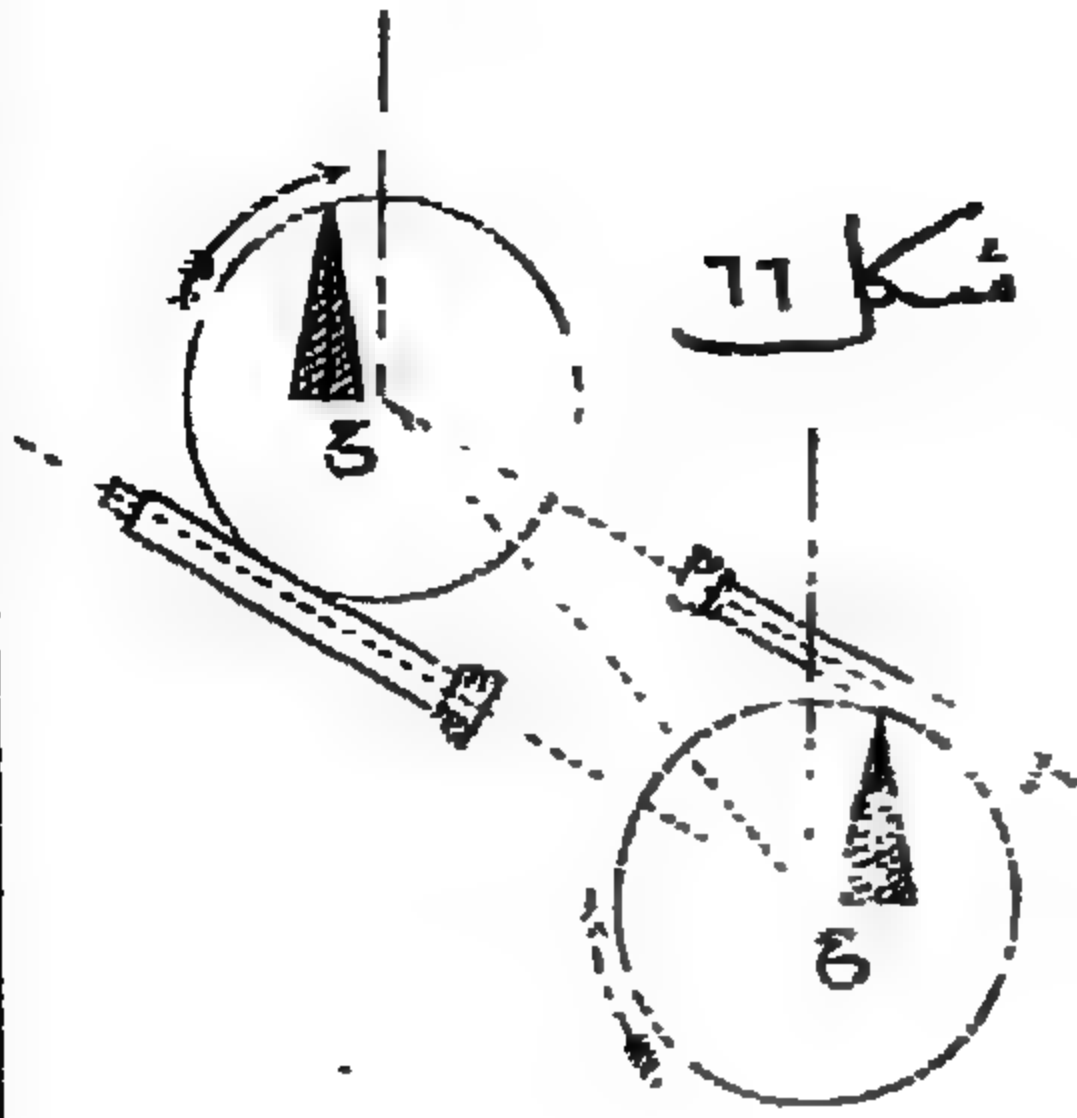
تكون متساوية وان الاجزاء المختلفة

التركيبة منها الآلة تكون من النحاس

الاصفر خالية من قطع الحديد

وحيث ان تقاسيم الحافة تجري عادة بالآلات دقيقة مضبوطة فلم يبق الا معرفة عدم وجود
أجزاء حديد بالآلة وهذا يدرك بالنظر لها مع ملاحظة أنه يوجد بالمجرب بعض بوصلات
يوضع بها قطع صغيرة من الحديد مطلية ببرادة النحاس فكل هذه الآلات يمكن أن يحصل
منها اختلاف لزوايا الانحراف يصل من درجة الى درجتين أو أكثر فينتسب هذا لوفق عدم
استعمالها أو تغيير قطع الحديد ان أمكن

ويمكن تحقيق هذا الشرط بوضع الآلة أفقية وسط فضاء متسع أفقي تقريباً مع
تثبيت وتد أسفلها على الرأسى المار بمركزها ثم يثبت بمنصف هذا التد مبدأ شريط
طوله ٢٠ متراً وتدار الآلة الى أن يمر سنن الابرة بخط 0° و 180° فيثبت شاخص رأسى
على اتجاه محور النظارة متباعد عن مركز الآلة بقدر طول الشريط ثم تدار الآلة
الى أن يمر السنن الشمالى للابرة بقسم 20° فيوضع شاخص آخر على اتجاه محور
النظارة متباعد عن مركز الآلة بقدر ٢٠ متراً وهم جرا فتكون الزوايا الحادثة بين
الاشعة وبعضها من 20° الى 20° ثم ترفع البوصلة وتقاس الزوايا الحادثة بين هذه
الاشعة وبعضها باحدى الآلات المضبوطة المعدة لقياس الزوايا فان كان الفرق بين كل



شعاعين لا يزيد ولا ينقص عن ٢٠° بازيد من ٥° الى ١٠° فتكون البوصلة محققة وبخلاف ذلك ترفض ومن هذا يتحقق أيضا أن تقاسيم الحافة متساوية وان لم توجد آلة معدة لقياس الزوايا فتقاس الاضلاع المحصورة بين الشواخص وبعضها ويلزم أن تكون جميعها متساوية ان كانت البوصلة مضبوطة لانها اضلاع مضلع منتظم ثامنا - يلزم أن يكون المسقط الافقي للابرة شكل معين ولتحقيق هذا الشرط ترفع الابرة من حاملها وتوضع على فرخ من ورق ثم يعلم على أحرفها بالقلم الرصاص ويختبر الشكل المرسوم ان كان معيناً أم لا

(الشروط التي يلزم أن تستوفيها العضادة)

٦٩ د - أولاً - يلزم ان يكون المحور البصري للنظارة عمودياً على محور دورانها ولتحقيق هذا الشرط توضع الآلة أفقية ثم ينظر الى خط رأسى (كخيطة شاقول مثلاً أو تقاطع طائين رأسين) ويجعل تقاطع الشعرتين على هذا الخط من أعلى وتقرأ زاوية الانحراف ففى تحرك محور النظارة على هذا الخط بدون اختلاف زاوية الانحراف دل ذلك على أن محور النظارة فى حركته يرسم مستوياراً سباعاً عمودياً على محور دوران النظارة وان كان الانسان بقضاء متسع ليس به بنا وغير ممكن تثبيت خيط الشاقول بالنسبة لللاهوية فينظر شاخص متباعد جداً عن الآلة وتقرأ زاوية الانحراف ثم تحرك الآلة ١٨٠° وتدار النظارة حول محورها دورة قدرها ١٨٠° لرجوع العينية نحو الراصد ثم ينظر للشاخص ثانياً وتقرأ زاوية الانحراف الثانية ففى كان فرق الانحرافين ١٨٠° دل ذلك على أن الشرط موجوداً انما يلاحظ فى هذه الحالة استعمال الشاخص المرسوم (بشكل ٦٣)

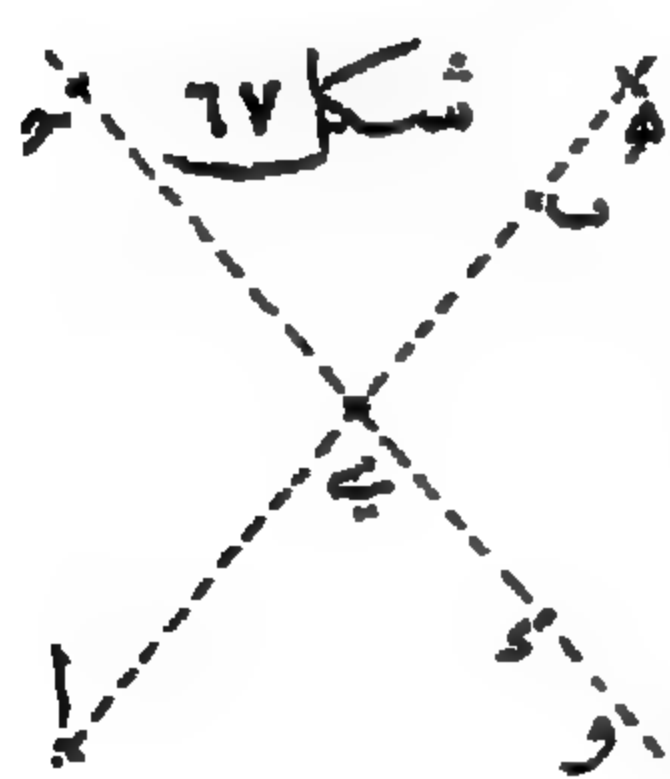
ثانياً - يلزم أن يرسم محور دوران النظارة مستوياً موازياً لخط ١٨٠° من الحافة ويسهل تحقيق هذا الشرط بوضع شاخص (شكل ٦٣) بحيث يكون طرفه ب على وتد ويجعل خط البصر له أولاً نحو الشمال ثم تقرأ زاوية الانحراف على البوصلة مع جعل النظارة جهة اليمين ثم يحرك الشاخص نحو يمين حامله ويجعل طرفه ب ثابتاً على

الوتد وتارة زاوية الانحراف والنظارة نحو الشمال فتى كان فرق القسراتين ١٨٠°
علم أن الآلة موفية لهذا الشرط
ومع عدم وجود هذا الشرط يمكن استعمال البوصلة لأن منه لا يحصل خطأ في نسبة
اجزاء الرسم لبعضه بل إن خطاه يكون في انحراف الخريطة بأكملها عن الخط الجانبي
المغناطيسي

المبحث السادس

تطبيقات علمية ومسائل خاصة بالجزيير والشاخص

بـ ٧٠ د - المطلوب إيجاد نقطة تلاقي خطين مستقيمين مثل أ ب و ح د (شكل ٦٧)



موضوع في نهايتهما شواخص لذلك يقال إن كان مع
المهندس مساعد وقياس فيقف المهندس في نقطة أ
ومساعده في نقطة د ثم يحمل القياس شاخصاً رأسياً
ويحاذيه المهندس ومساعده على اتجاه المستقيم الواقف
في نهايته إلى أن يأتي القياس في نقطة ع التي تكون على
كل من الخطين وهي النقطة المطلوبة

وأما إذا لم يوجد سوى شخص واحد فيضع شاخصاً مثل هـ على اتجاه أ ب وشاخصاً
مثل و على اتجاه ح د ثم يتحرك على أحدهما الخطين إلى أن يرى نفسه في اتجاه الآخر
ويكون في آن واحد على الاتجاهين هـ ب و د فيكون موقع الشاخص الذي في يده
هو نقطة التلاقي المطلوبة

(كيفية رسم قطعة أرض بالجزيير والشاخص)

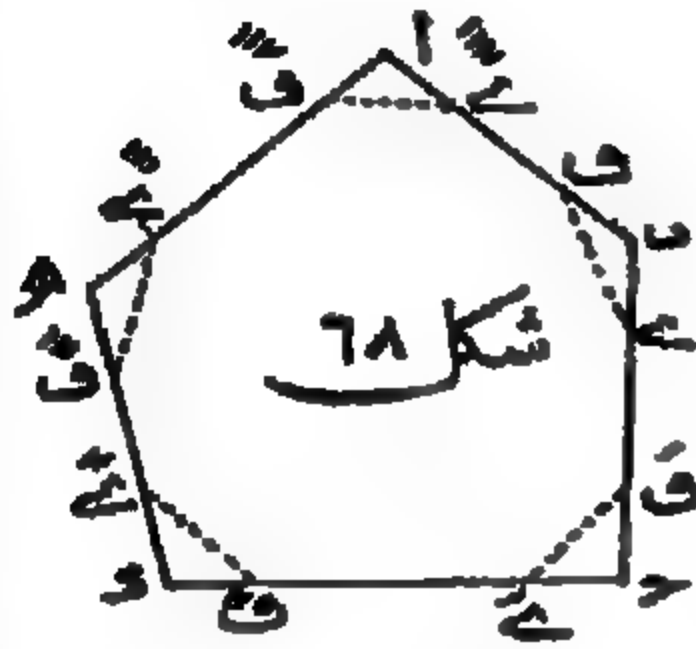
بـ ٧١ د - يجري رسم قطعة أرض مهما كانت صفتها باستعمال إحدى الثلاث
طرق الآتية

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| أولاً - طريقة السير على أضلاع الشكل | وتسمى طريقة الف والدوران |
| ثانياً - طريقة الأشعة | وتسمى طريقة الثبات |
| ثالثاً - طريقة تقاطع الأشعة | وتسمى طريقة التقاطع |

ولكل من هذه الطرق الثلاث مزايا مخصوصة فالأولى تستعمل لرسم قطعة أرض
مزروعة أو بهائم أو بساتين والثانية تستعمل لرسم الأراضي المكشوفة الحالية
عن الموانع والثالثة تستعمل لرسم الأراضي المستنقعة والأراضي المزروعة زرعاً قصيراً
وتشرح كلام من هذه الطرق على الترتيب فنقول

(الطريقة الأولى - وهي على حالتين)

بـ ٧٢ د - الحالة الأولى - لرسم شكل أ ب ح د هـ مثلاً (شكل ٦٨) بواسطة



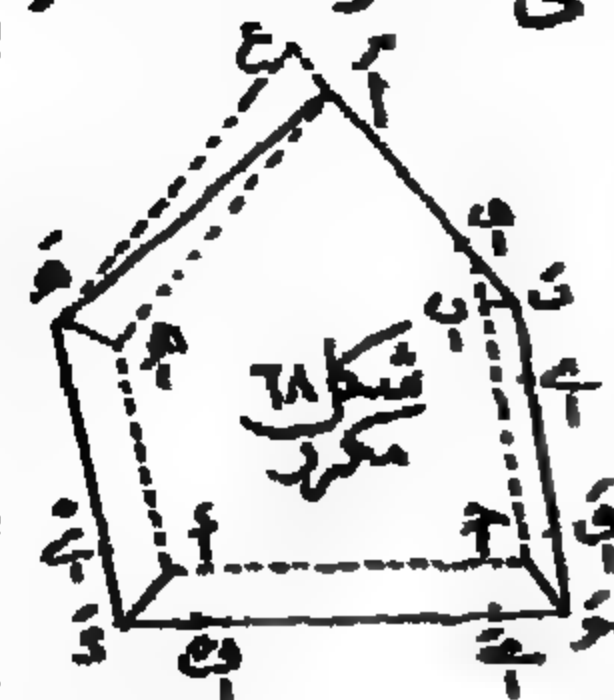
الجزير والشاخص يتبدأ بقياس أحد الأضلاع أ ب
من أ نحو ب وعند الوصول إلى نقطة ب يؤخذ على
الاتجاه أ ب بعد مساو طول جزير بالقل مثل ب ف
ثم يؤخذ على اتجاه ب ح بعد مثل ب ع مساو طول
جزير أيضاً ثم يقاس خط ف ع وبعد ذلك يقاس الضلع

ب ح وعند الوصول إلى نقطة ح تقاس الأبعاد ح د و د هـ و هـ ع كما سبق
ثم يقاس خط ح د وعند الوصول إلى نقطة د يجري بها ما جرى في سابقتها ويستمر
العمل على هذا المنوال إلى أن يتوصل إلى نقطة أ

ثم إنه عند إجراء عملية القياس المشروحة أعلاه يعمل كروكي (مسودة) مبين به هيئة
قطعة الأرض الجاري رسمها وتوضع عليه الأبعاد التي قيست جميعها كي يسهل رسم
الشكل المذكور بالمقياس كما سيأتي

وذلك بأن يرسم مستقيم اختياري على الورق ويؤخذ عليه بعد يساوي أ ب بعد
تحويله إلى المقياس وليكن أ ب (شكل ٦٨ مكرراً) ثم يؤخذ عليه بالابتداء من نقطة
ب بعد ب ف يساوي ب ف محولاً للمقياس ثم يجعل نقطة ب مركزاً ويرسم
قوس دائرة بعد مساو ف ع محولاً للمقياس وأيضاً يجعل ف مركزاً ويرسم قوس
دائرة بعد مساو ب ف محولاً للمقياس في تقاطع القوسان في نقطة ع تكون هي
نظيرة ع من (شكل ٦٨) فيوصل ب ع ويمد على استقامته ويؤخذ عليه

بعد ب ح يساوي ب ح محو لا للمقياس فتكون نقطة ح هي نقطة ح
ثم يجري بنقطة ح ما يجري في نقطة ب وهكذا حتى يتم رسم
الشكل فإذا وقعت نقطة الانتهاء على نقطة البداية أ بالضبط
كان العمل مضبوطا وإن وقعت متباعدة كثيرا عنهما فاعد العملية
الرسم أولا فإن عادت الحالة بعينها تاعد العملية على الأرض



وأما إن وقعت متباعدة قليلا بأن كانت نقطة الانتهاء في ع فالخطأ الحادث إما أن
يكون في قياس الاضلاع أو الزوايا وعلى كل فهو نتيجة جملة خطأ جزئية صغيرة جدا
مجمعة من عدة نقط مختلفة فيصير توزيعها إما على عدد الاضلاع أو على الزوايا بعد معرفة
كونه في أيهما كما سيأتي

فلمعرفة أن كان الخطأ في قياس الاضلاع أو في الزوايا يرسم مستقيم من نقطة الانتهاء ع
يصنع مع هـ ع زاوية مساوية أ (أي تؤخذ بعينها كما أخذت زاوية ب مثلا)
فإن كان هذا المستقيم موازيا ب أو منطبقا عليه علم أن الخطأ ليس حادثا من قياس
الزوايا بل هو من قياس الاضلاع وإن كان بخلاف ذلك علم أن الخطأ في قياس الزوايا
ويوزع في كلتا الحالتين بالطريقة الآتية

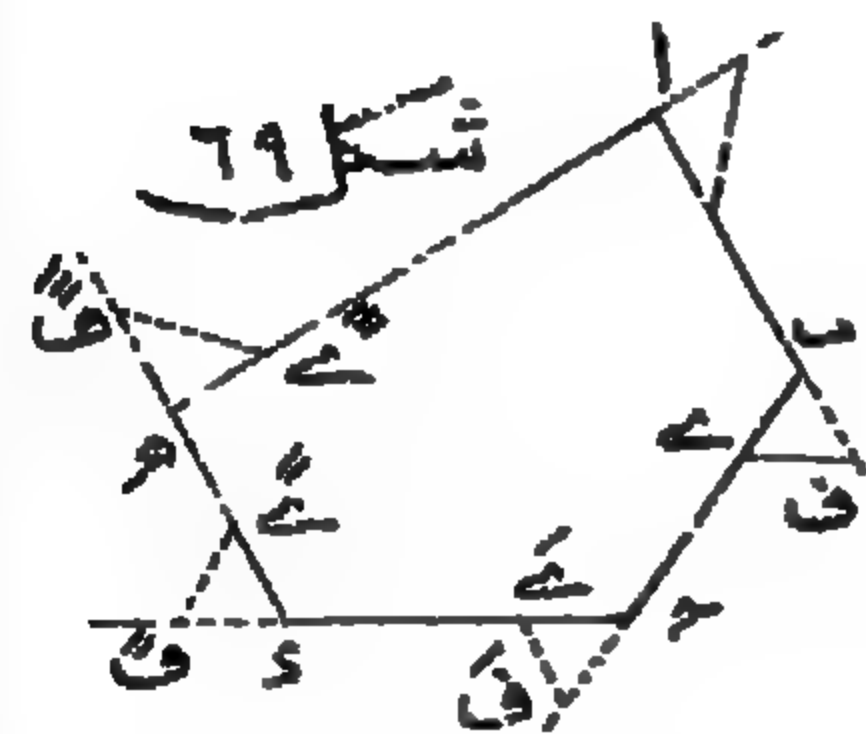
أولا - إن علم أن الخطأ في قياس الاضلاع وكانت نقطة الانتهاء في ع الخارجة عن
نقطة أ فيقياس البعد الصغير جدا أ ع ثم يقسم على عدد أضلاع الشكل وخارج
القسم يطرح أولا من الضلع أ ب فليكن الباقي هو أ ب ثم يرسم من نقطة ب خط
يوازي ب ح ويؤخذ عليه بعد ب ح مساو ب ح مطروحا منه خارج قسم أ ع
على عدد أضلاع الشكل ثم يرسم من ح خط ح د مواز ح د ويؤخذ عليه بعد ح د
مشاو ح د مطروحا منه خارج القسم السابق وهكذا إلى أن يتم الشكل فضرورة في
النهاية تنطبق نقطة ع على أ

وأما إذا وقعت نقطة ع داخل الشكل فتجري العملية بعينها انما يضاف خارج قسم
البعد أ ع على عدد الاضلاع إلى كل منها عوضا عن طرحه
ثانيا - إن كان الخطأ في الزوايا ونقطة ع خارجة عن الشكل فيقسم البعد أ ع

على عدد زوايا الشكل ثم تنصف الزوايا المذكورة ويؤخذ على الخط المنصف للزاوية الأولى خارج قسمة ١ ع على عدد زوايا الشكل وعلى المنصف للزاوية الثانية ضعف خارج القسمة المذكور وعلى المنصف للزاوية الثالثة ثلاثة أمثاله ويوصل بين النقاط المتحصلة وبعضها ١

وان كانت نقطة ع داخله في الشكل فتؤخذ الأبعاد المتقدمة على امتداد الخطوط المنصفة وهذه الطريقة هي المعبر عنها بتقسيم الخطأ الجزئي وقفل الشكل

بـ ٧٣ د - الحالة الثانية - اذا كانت طبيعة الأرض لا يمكن معها قياس الأطوال فـ و فـ الخ فإن كانت قطعة الأرض مستقيمة أو بركة مياه لغاية خطوط التمهيد ففي هذه الحالة يكون العمل كما تقدم بان



يقاس أحد الأضلاع أ ب (شكل ٦٩) وعند الوصول إلى نقطة ب يؤخذ على امتداد أ ب بعد ب ف ثم على اتجاه ب ج بعد ب ع ويقاس البعد ف ع ويجري العمل على هذا

النوال في جميع النقاط ح و د و هـ و ا ثم يعمل كروكي كما سبق وتوضع عليه جميع الأبعاد التي قيست ثم يرسم بالمقياس الاختصاري كما سبق مع ملاحظة أخذ الأبعاد ب ف و ح ف الخ على امتداد الأضلاع أ ب و ب ج الخ ويجري قفل الشكل وتوزيع الخطات الجزئية ان وجدت كما في (بـ ٧٣ د)

* (تنبيهات) *

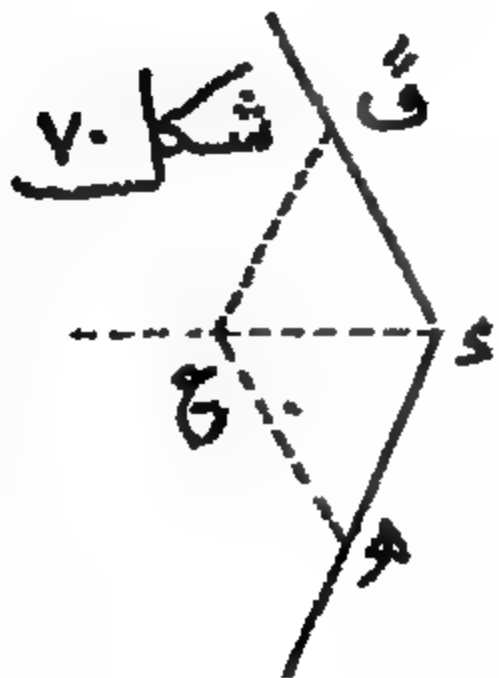
بـ ٧٤ د - أولاً يلزم وضع النقاط ف و ع و فـ و ع الخ بغاية الضبط والدقة على اتجاه الخطوط أ ب و ب ج الخ في الأرض اذ بدون ذلك يحصل خطأ في قياس الأوتار فـ و ع و فـ الخ ينتج عنه خطأ كبير غير مسموح به عند رسم انقراج الزوايا على الورق ويكبر هذا الخطأ بكمية طول أضلاع الشكل

ثانياً - ان تؤخذ الأبعاد ب ف و ب ع و ح ف الخ كبيرة على قدر الامكان متى كانت أضلاع الشكل كبيرة وهذا يحصل منه الفائدة عند رسم الشكل على الورق

لانه مهما كان الاحتراس عند اجراء العمل على الارض لابد وان توجد نقطة في الارضية متباعدة عن وضعها الحقيقي ببعد ٠.٢ متر بالاقل (حيث ان هذا المقدار لا يمكن ضبط تقديره على الارض مهما كان احتراس المهندسين) حينئذ يكون $\frac{٠.٢}{١٠٠٠٠}$ هو النهاية الصغرى للخطأ الممكن حصوله في مقدار الزاوية α ب α ولاجل ان يكون ضرر هذا الخطأ الزاوي غير محسوس في الرسم يلزم ان لاتأني النقطة التي هي نظيرة نقطة ب في متباعدة عن محلها بمقداراً كبيراً من ٠.٠٠١ متر (وهي الوحدة الرسمية كافي بـ ١٩) وحينئذ يكون $\frac{٠.٢}{١٠٠٠٠} = \frac{٠.٠٠١}{١٠٠٠٠٠}$ بمعرفة ان ب في هو نظير ب في على الورق

وللاحظ ان أقل مقدار يعطى الى ب في على الرسم لتحديد انقراج الزاوية تجديدا مضبوطا يكون بالاقل ٠.١ متر وحينئذ يكون $\frac{٠.٢}{١٠٠٠٠} = \frac{٠.٠٠١}{١٠٠٠٠٠}$ ومنها $\frac{٠.٢ \times ١٠}{١٠٠٠٠} = \frac{٠.٢}{١٠٠٠} = ٢٠$ ب في = ٢٠ متر

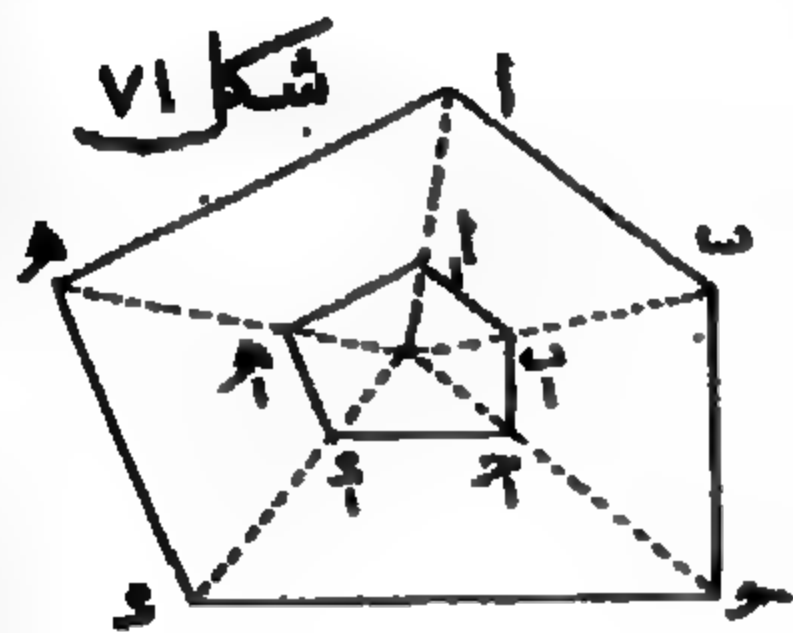
بمعنى ان البعد الذي يؤخذ على ضلعي الزاوية يكون عشرين مترا بالاقل كما أوضحنا ثالثا - لاجل ان يتقاطع القوسان في نقطة واحدة في الرسم يلزم ان تكون الزوايا اللازمة رسمها لاحادة جدا ولا منفرجة جدا بحيث اذا وجدت زاوية منفرجة جدا مثل ف د ه (شكل ٧٠) فيؤخذ من رأسها د خط د ح يقسمها الى جزأين متساويين تقريبا ثم تقاس الابعاد د ف د ح د ف ح ثم د ه د ح د ه ح بالشروط السابقة وعند رسمها على الورق يرسم على الضلع المناظر د ف زاوية ف د ح ثم على ضلع د ح ترسم زاوية ح د ه كما سبق وبعد ايجاد الضلع د ه يستغنى عن الضلع المساعد د ح



رابعا - اذا كانت أضلاع الشكل على الارض صغيرة جدا كما في العمارات فتكون الابعاد ب ف و ب ع و ح ف و ح ع الخ صغيرة جدا وحينئذ عند الرسم على الورق لاتؤخذ المعاليم نفسها التي قيست وتحويل للمقياس الاختصاري بل الاوفق في مثل هذه الحالة ان يؤخذ بدلا من الاضلاع مكرراتها من ارامتساوية للحصول

على رسم انقراج الزاوية بالضبط وفي هذه الحالة يكون المثلث الحادث مشابهاً للآخر
مثلاً إذا كان $B = 60^\circ$ و $C = 40^\circ$ الخ كل منها يساوي 20° متر فيلزم أن
يؤخذ كل منها قدر أصلاً أربع مرات أي يؤخذ كل منها 10° متر وكذلك تؤخذ
الأبعاد $F = 60^\circ$ و $E = 40^\circ$ الخ قدر أصلاً أربع مرات
(الطريقة الثانية)

٧٥ - رسم شکل اب ح د ه (شکل ٧١) انتخاب نقطه داخله مثل

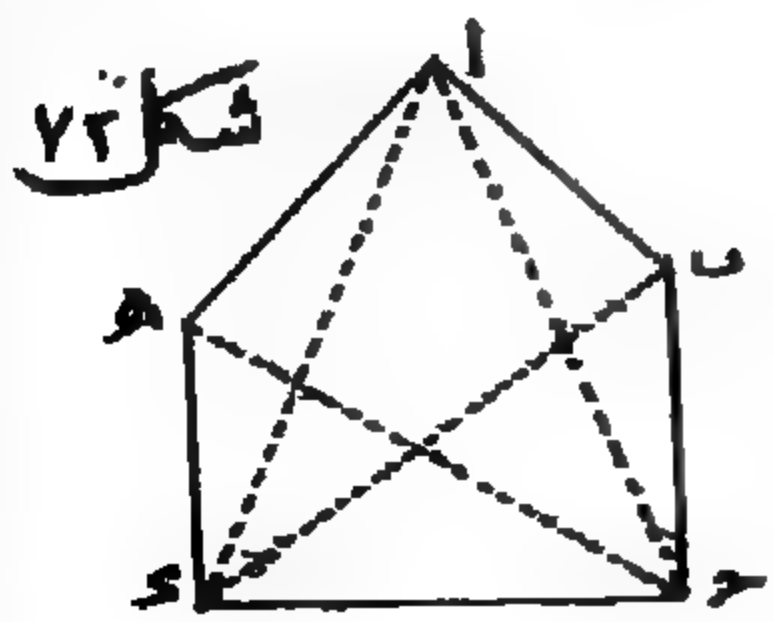


و بحيث يسهل منه قياس الأبعاد الواقعة الى جميع
رؤس الشكل ثم تقاس الأبعاد $و ح$ و $و د$ الخ
وتقاس الزوايا المتكوّنة بين هذه الأشعة وبعضها
بالطريقة الاولى بأن تقاس مسافات $و ا$ و $و ا$ و $و ا$
الخ مع قياس $ا ا$ و $ا ا$ الخ

ويستحسن بعد قياس الأشعة و a و b الخ ان تقاس الاضلاع a b و c
 و d الخ المحددة للشكل (وبهذه الحالة يسهل عمل مساحة الشكل) ثم يرسم
 الشكل المذكور على الورق بأخذ نقطة o ومد خط oa وأخذ طول oa عليه فتوجد
 نقطة b بتقاطع الاقواس وبعد ايجادها يمتد خط b وأصلا وهكذا حتى يتم رسم
 الشكل

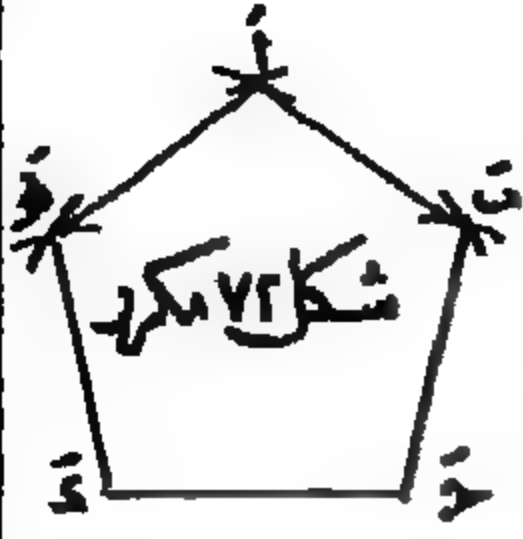
(الطريقة الثالثة - ولها حالتان)

٧٦ د - الحالة الاولى - لرسم شكل ا ب ح د هـ (شكل ٧٢) مكشوقا من الداخل يقاس أحد أضلاعه ح د فنلاحظ تقاس الأبعاد الواصلة من ح الى جميع

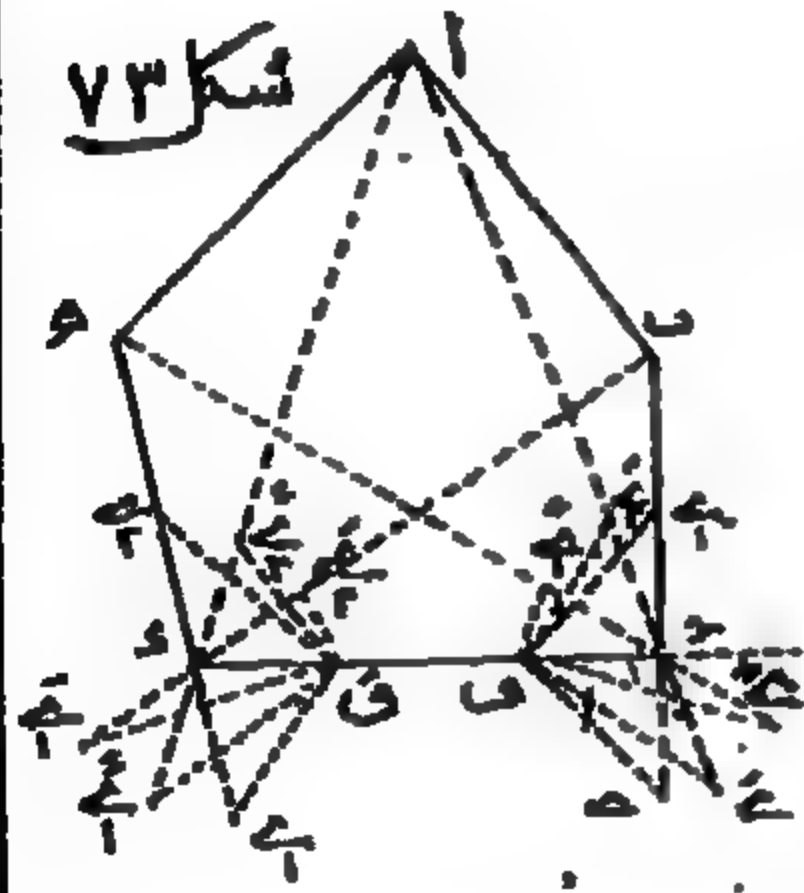


رؤس الشكل وهى ح ب و ح أ و ح ه ثم الواصلة من نقطة د الى جميع رؤس الشكل وهى د ب و د أ و د ه فبذلك يسهل رسم الشكل المذكور على الورق بالمقياس الاختصارى بعد عمل الكروكي ولذلك يؤخذ خط على الورق مساو ح د محولا بالمقياس (شكل ٧٢ مكررا)

وليكن α δ ثم لايجاد نقطة β مثلاً تجعل نقطة α من كزاوي بعد α ب محولا للمقياس الاختصاري يرسم قوس ثم تجعل نقطة δ من كزاوي بعد δ ب محولا للمقياس الاختصاري يرسم قوس فيتقاطع القوسان في نقطة β تكون هي نظيرة β ويجري العمل على هذا المنوال في ايجاد النقط α γ δ الخ ثم توصل ببعضها فالشكل الحادث يكون هو عين الشكل الاصل بعد رسمه بالمقياس الاختصاري



والتحقق من صحة العملية يقاس أحد أضلاع الشكل فان كان بعد تحويله للمقياس مساوياً لنظيره على الورق كانت العملية حقيقية
بـ ٧٧ د - الحالة الثانية - لرسم شكل α β γ δ ϵ (شكل ٧٣) بطريقة التقاطع مع وجود موانع داخل هذا الشكل كنهر أو ترعة أو مستنقع بحيث لا يمكن جوبه من الداخل لكنه مكشوف



لذلك يؤخذ أحد أضلاعه قاعدة وليكن α δ ثم يقاس طوله وتقاس الزوايا الواقعة بينه وبين الاشعة المختلفة الواصلة من نهايته α δ الى رؤس الشكل كما في الطريقة الاولى سواء كانت الزوايا الداخلة أو الخارجة فبذلك تتحدد معالم كافية لرسم الشكل المذكور وتحقيق الرسم كتحقيق الحالة الاولى

(تنبيه) - على المهندس أن يستعمل عند اجرائه العمل هذه الطرق الثلاث معاً واحديها لرسم أي شكل حسب احتياجه وعليه أن لا يرسم على الورق التفاصيل الداخلية الأبعد رسم الشكل جميعه والتحقق من صحة العملية في قفله وبعد ذلك ترسم التفاصيل اذ بذلك لو حصل خطأ في احدها لا يسرى لغيره

(تمرينات على حل مسائل بالجزير والشاخص)

بـ ٧٨ د - المسألة الاولى - المطلوب اقامة عمود على مستقيم α β من نقطة مفروضة عليه γ بواسطة الجزير والشاخص (شكل ٧٤) لذلك تثبت احدي نهايتي الجزير

في نقطة ح والنهية الاخرى في نقطة ه المتباعدة عن ح يبعد كاف ثم تسلك نقطة
منتصف الجزير ويشد بالتباعد عن ه ح في الجهة
التي فيها يقصد اقامة العمود بحيث ان الجزير يكون
مثلثا متساوي الساقين ح و ه و بعد تعليم وتثبيت
منتصف الجزير في نقطة و بعد النصف و ح منه على
استقامة ه و فنهاية الجزير وهي د تكون من نقط العمود المطاوب أي تكون
زاوية ه ح د = ٩٠°

لان زاوية د و ح الخارجة عن مثلث ه و ح المتساوي الساقين تساوي مجموع
الزاويتين ه و ح المتساويتين أو تساوي ضعف احدهما أي ان

$$د و ح = ٢ و ح ه \dots (١)$$

وكذا زاوية ه و ح الخارجة عن مثلث د و ح المتساوي الساقين د و و ح
تكون مبينة بالمقدار

$$ه و ح = ٢ و د س \dots (٢)$$

وبجمع المعادلتين (١) و (٢) يحدث

$$د و ح + ه و ح = ٢ و ح ه + د و ح = ٢ ه د$$

وحيث ان مجموع زاويتي د و ح و ه و ح يساوي ١٨٠° يكون

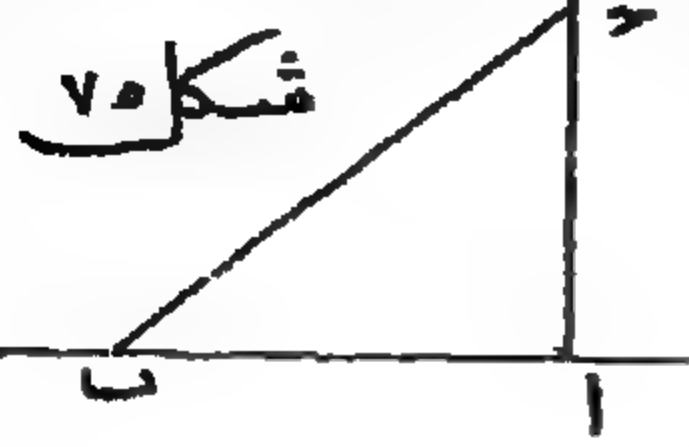
$$ه د = ٩٠°$$

(ملحوظة) - يمكن أن يعوض الجزير بحبل غير قابل للاستطالة ويعلم منتصفه بعلامة
ويجرب به ما سلف

(تنبيه) - اذا كان القصد انزال عمود من نقطة د الخارجة عن مستقيم أب
(شكل ٧٤) يجري العمل بصورة عكسية بأن تثبت نهاية الحبل أ والجزير في نقطة
د ويمد على استقامته الى أن تصير نهايته الاخرى على اتجاه أب فيثبت النهاية ه

ونقطة الوسط و ثم يتحرك بالنصف و الى أن تأتي نهايته الثانية د على اتجاه
المستقيم ا ب في نقطة ح تكون هي موقع العمود المطلوب

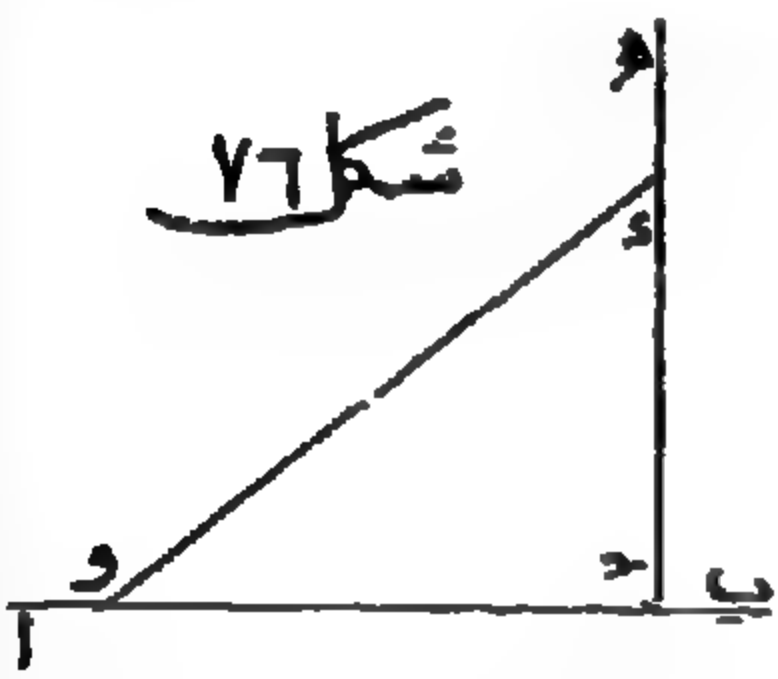
٧٦ - يمكن تكوين مثلث قائم الزاوية بواسطة جزير طوله عشرون متراً أو جبل
حينما اتفق ولذلك يعلم بالابتداء من طرفه بعد ح = ٣ متر



ثم ا ب = ٤ متر ثم ب ح = ٥ متر ثم تطبق نقطة
ح على ح (شكل ٧٥) ويشكل من نقطتي ا و ب
ليكون مثلث ح ا ب فيكون قائم الزاوية في ا لان

$$\frac{c}{b} = \frac{a}{c} + \frac{c}{a} \quad \text{أو} \quad \frac{c}{b} = \frac{c}{a} + \frac{c}{a} = \frac{2c}{a}$$

وحينئذ لا قامة عمود على مستقيم ا ب من نقطة ح المفروضة عليه (شكل ٧٦)

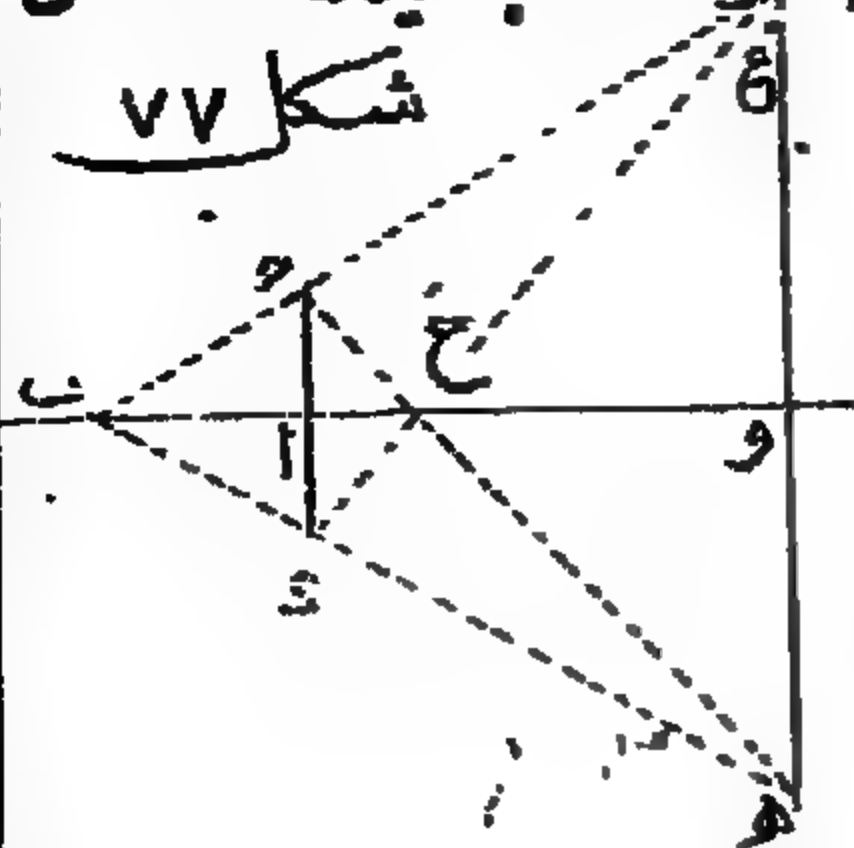


توضع نقطة الزاوية القائمة من المثلث في نقطة ح من
الخط ثم يشد الجزير بوضع أحد ضلعي القائمة منه على
اتجاه ا ب بمعنى ان المثلث الجزيري يكون هو ح د و
فاتجاه الضلع الثاني يكون هو اتجاه العمود المطلوب
ولا تزال عمود من نقطة ه الخارجة عن مستقيم ا ب

(شكل ٧٦) بواسطة الجبل أو الجزير يكون مثلث قائم الزاوية كما سبق ويتحرك به
على اتجاه الخط ا ب مع وضع أحد ضلعي قائمه على اتجاه ا ب الى أن يأتي اتجاه
الضلع الآخر على نقطة ه فنقطة الزاوية القائمة تكون هي موقع العمود المطلوب
(تنبيه أول) - يمكن ان يتكون المثلث القائم الزاوية بقسمة الجبل الى ثلاثة أقسام
تكون النسبة بينها كالنسبة بين أعداد ٣ ، ٤ ، ٥

(تنبيه ثان) - طريقة اقامة عموداً وانزال عموداً بالمثلث الجزيري لا تجري الا في
اقامة عمود قصير جداً وانزال عمود من نقطة قريبة جداً لانها تقريبية ولا تؤدي لنتائج
مضبوطة حيث انه يتكون في رؤس الزوايا نوع خط منحني منه يقصر أحد أضلاع
المثلث ويطول الآخر حينئذ فالاحسن استعمال الطريقة الآتية

٨٠ د - المطلوب انزال عمود من نقطة ع على خط و ب بواسطة الجنزير والشاخص (شكل ٧٧) فتؤخذ نقطة ا على الخط المعلوم و ب ويقام منها عمود ا ح عليه بالجنزير كما في (ب ٧٨ د) ثم يمد ا ح من جهة ا ويؤخذ عليه بعد ا د = ا ح وتوضع ثلاثة شاخص وضعا رأسيا في نقط ع د ر د ثم يبحث عن نقطة ب التي هي نقطة تلاقي ع د ر و ب كما سبق في (ب ٧٤ د) ويوضع بها شاخص ثم يبحث ايضا

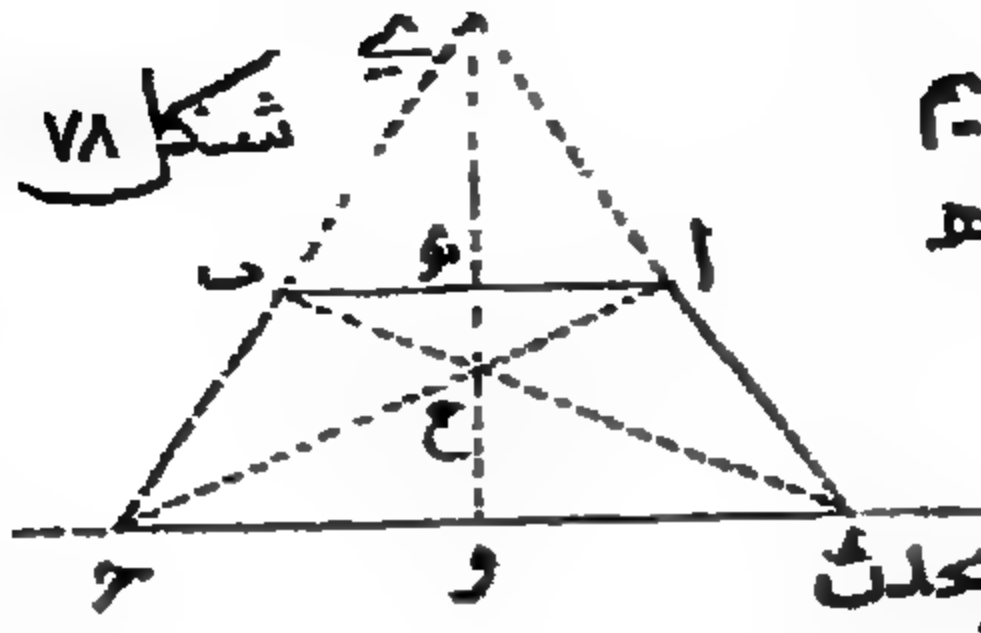


عن نقطة ع التي هي تلاقي ع د و ب ويغرس بها شاخص وكذلك عن نقطة ه التي هي تلاقي ع د ر ب د وحيثئذ فالخط ه ع الواصل من نقطة ه الى نقطة ع يكون عموديا على و ب المقروض لان مثلثي ا ح ب ر ا د ب القائمي الزاوية متساويان بسبب تساوي ا ح و ا د عملا وباشتراك ا ب بينهما وينتج من تساويهما أن زاوية ا ح ب = ا د ب وأن ب ح = ب د وكذلك مثلثا ح ع ا و ا ح د متساويان لان ح ا مشترك و ا د = ا ح و ينتج من تساويهما أن ح ع = ح د وزاوية ح د ا = ح ع ا وحيثئذ فجمع زاويتي ح د ا و ا د ب يساوي مجموع زاويتي ح ا و ا ح ب وحيثئذ يكون مثلثا ه ب ح و ع د ب متساويين لان ح ب = د ب بالاثبات وزاوية ح ب د مشتركة بينهما وزاوية ه ح ب = ع د ب وينتج من تساويهما أن ه د = ع د وبطرح الجزأين ح ع د والمتساويين من ه د ر ع د يسكون ه ع = ع د وحيثئذ يكون مثلثا ع و ح د و ح ه متساويين لاشتراك و ح بينهما وزاوية ع و د = و ح ه لكونهما مقابلتين بالرؤس لزاويتين متساويتين وضلع ه ح = ع د وينتج ان زاوية ع و ح = ع و ه وهذا لا يتأني الا اذا كانتا قائمتين أعني يكون خط ه ع عموديا على و ب وهو المطلوب

٨١ د - المسألة الثانية - المطلوب رسم خط يوازي مستقيما معلوما من نقطة خارجة عنه

لذلك نذكر أولاً خاصية شبه المثلث وهي إذا انصفت القاعدة السفلى $د ح$ لشبه

المثلث (شكل ٧٨) ثم مد ضلعا $ا ب$ و $ا ج$ متوازيين حتى يتلاقيا في نقطة $هـ$ فالمستقيم $و هـ$ يمر بم منتصف القاعدة العليا وهي نقطة $د$ وب نقطة تقاطع القطرين $ح$



لأنه من مثلثي $ا هـ و$ و $د و هـ$ المتشابهين يحدث

$$(١) \quad ا هـ : د و :: د و : هـ و$$

ومن مثلثي $هـ ب و$ و $د و هـ$ المتشابهين يحدث

$$(٢) \quad هـ ب : د و :: د و : هـ و$$

وبمقارنة تناسب (١) و (٢) ببعضهما يحدث

$$(٣) \quad ا هـ : د و :: هـ ب : د و$$

وحيث ان التالين متساويان فيكون المقدمان كذلك ويكون $ا هـ = هـ ب$

ومن مثلثي $ا ح هـ و$ و $د و هـ$ المتشابهين لتساوي زواياهما المتناظرة يحدث

$$ا ح : د و :: ا هـ : د و$$

وبضرب حدى النسبة الثانية في ٢ يحدث

$$(٤) \quad ا ح : د و :: ا ب : د و$$

وحيث ان اذا وصل $ب ح$ و $د ح$ فيكون المثلثان $ا ب ح$ و $د ح$ متشابهين لتناسب

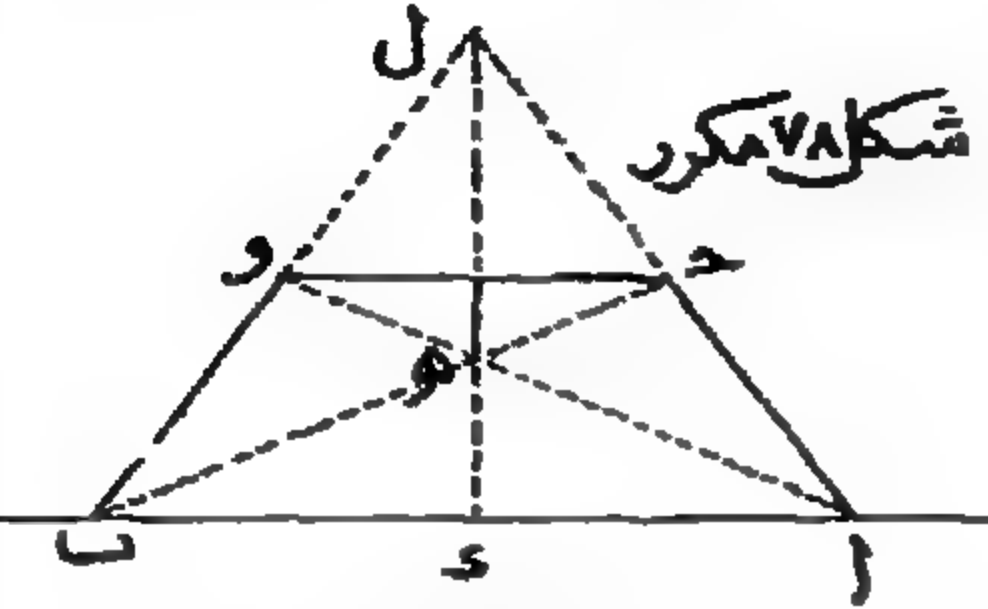
ضلعين محيطيين بزواوية لضلعين محيطيين بأخرى مساوية لها (تناسب ٤) وعليه

تكون زواياهما الباقية متساوية بالتناظر أي تكون زاوية $ا ح ب = د ح ب$ وهذا

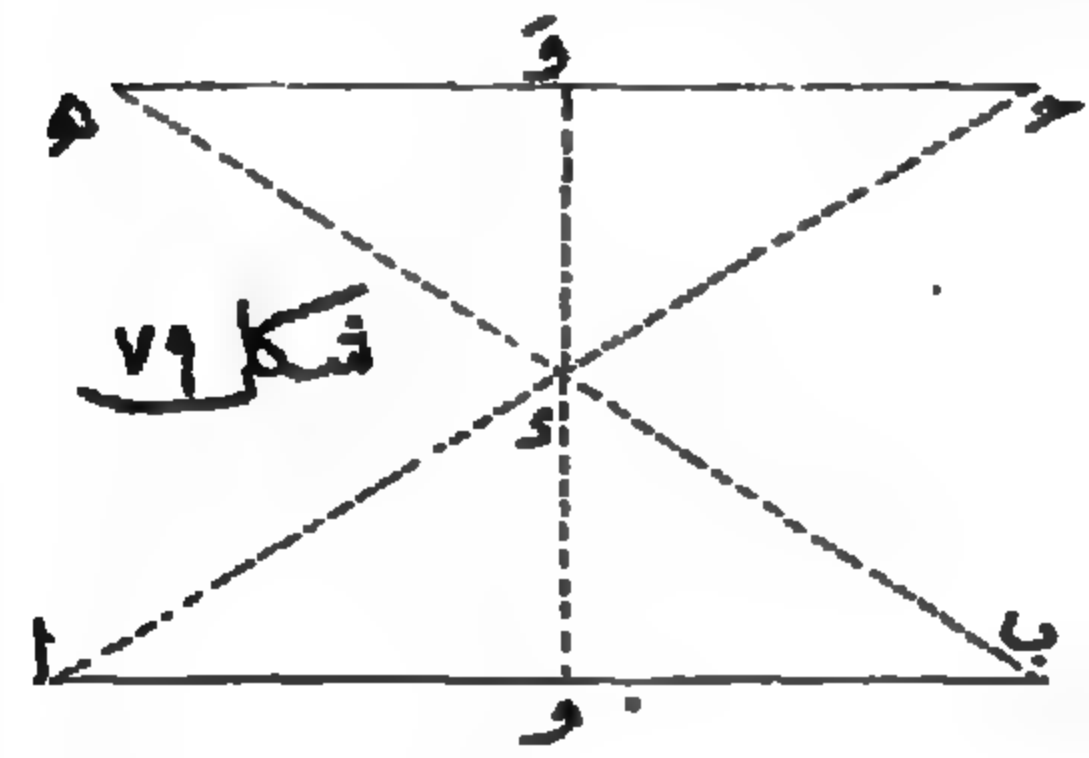
لا يحصل الا اذا كان $ب ح$ و $د ح$ على استقامة واحدة أي أن نقطة $ح$ تكون على

كل من قطري شبه المنحرف وعلى الخط الواصل من نقطة تلاقي الضلعين الغير متوازيين الى منتصف القاعدة السفلى

اذا تقرر ذلك فلنرسم خطي موازي مستقيم ا ب من نقطة ح الخارجة عنه (شكل ٧٨ مكررا) بالجنزير والشاخص يقال لو وصل من النقطة الخارجة ح الى ا بمستقيم ا ح وأخذ على امتداده نقطة مثل ل ووصل منها الى النهاية الثانية للمستقيم المعلوم بخط ب ل ثم نصف



خط ا ب بنقطة د ووصل منها الى ل بمستقيم ل د ووصل كذلك مستقيم ح ب في تقاطع خط ل د و ح ب في نقطة ه ثم يوصل مستقيم ا ه ويمد على استقامته حتى يلاقى ل ب في نقطة و فاذا وصل ح و كان هو موازي ا ب المطلوب ويمكن حل المسألة المذكورة بطريقة أخرى وهي أن يوصل من ح الى ا بمستقيم ا ح



(شكل ٧٩) ويبحث عن نقطة منتصفه د ثم يوصل ب د ويؤخذ على امتداده بعد د ه = ب د فاوصل ح ه لكان هو الموازي المطلوب لانه من مثلثي ب د ا و ح د ه المتساويين ينتج أن زاوية ه ح د = د ا ب وكذا ح ه د = د ب ا وذلك لا يحصل الا اذا كان ح ه موازي ا ب

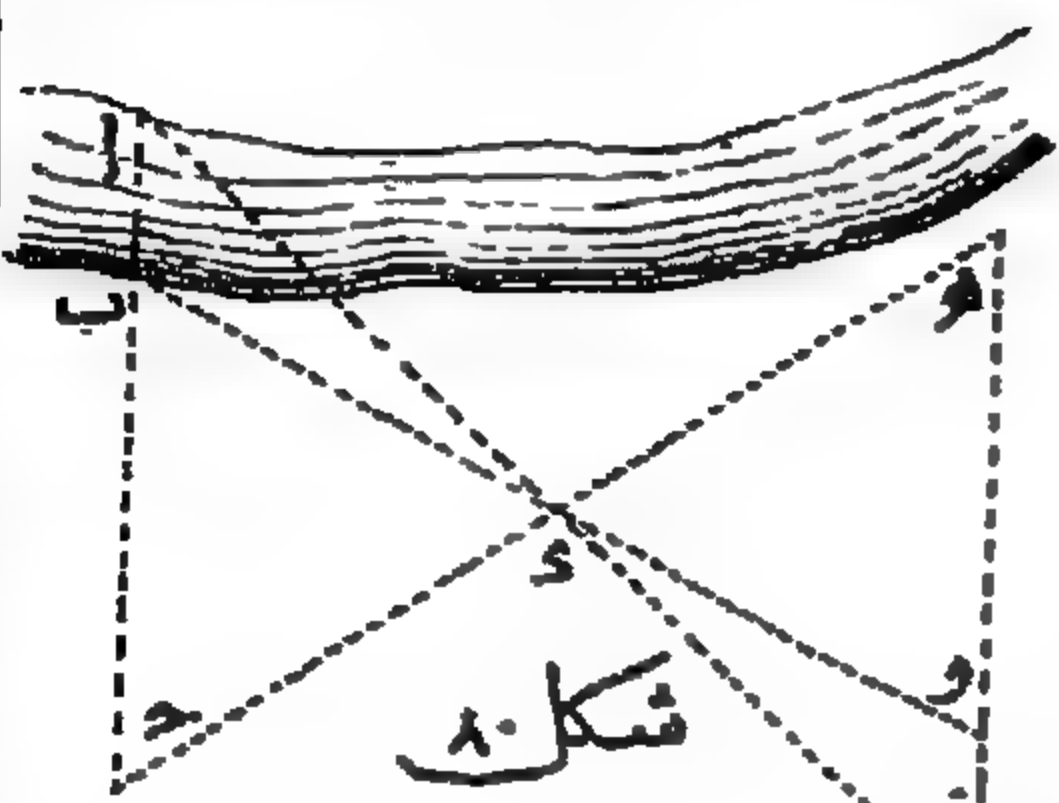
(ملحوظات)

أولا - اذا كانت طبيعة الارض لا تسمح بتوصيل خط د ب فتؤخذ نقطة أخرى من نقط المستقيم ا ب كنقطة و مثلا ويوصل د و ويؤخذ على امتداده بعد د و = د و فتكون نقطة و من الموازي المطلوب
ثانيا - اذا لم يمكن أخذ نقطة د وسط مستقيم ح ا فتؤخذ بالاختيار ويحسب طول البعد د ه من مثلثي ح د ه و ا د ب المتشابهين ويحدث

$$د ه : ح د :: د ب : د ا \text{ ومنه } د ه = \frac{د ب \times ح د}{د ا}$$

وحيث ان الطرف الثاني يمكن قياسه فيعلم د هـ وحيث اذا أخذت كمية مساوية لنتائج الحساب على امتداد ب د تحصل نقطة هـ من الموازي المطلوب

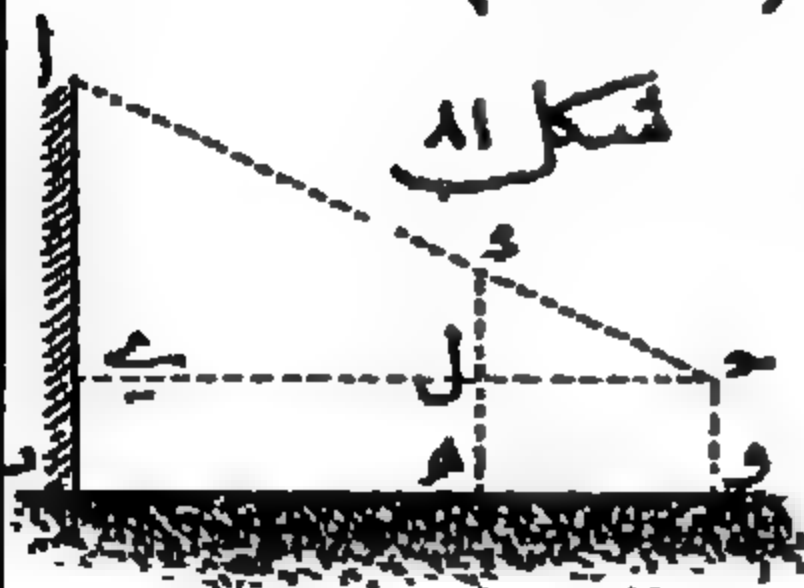
بـ ٨٢ - المسألة الثالثة - المطلوب تعيين عرض نهر أو ترعة بواسطة الجزير والشاخص لذلك يوضع شاخصان على شاطئيه في نقطتي أ و ب بحيث يكون اتجاه الخط أب عموديا على اتجاه مجرى الماء ثم يد أب على استقامته ويفرض على امتداده نقطة ما



ح (شكل ٨٠) ثم يمد من ح مستقيم د هـ ويؤخذ بعدا ح د و د هـ متساويين ثم يبعد وضع شاخص في د يوصل ب د ويمد ويؤخذ على امتداده بعد د و = د ب ثم يوصل هـ و أ فيتبلاقيان في نقطة هـ ويكون

و هـ الممكن قياسه مساويا أب المطلوب لان متناهي ب ح د هـ د و متساويان لتساوي الضلعين والزاوية المحصورة بينهما من الاول لتطابقهما من الثاني وينتج أن زاوية هـ د = د ح ب وعليه يكون خط هـ د موازيا ح د وتكون زاوية د و هـ = أ ب د ويتساوى المثلثان أ ب د و هـ د لتساوي ضلع و تجاوزت به من الزوايا من الاول لتطابقهما من الثاني وينتج من تساويهما أن و هـ = أ ب

بـ ٨٣ - المسألة الرابعة - المراد قياس ارتفاع بناء يمكن الوصول الى جداره كخائط أو منارة أو برج مثلا بواسطة الجزير والشاخص (شكل ٨١)

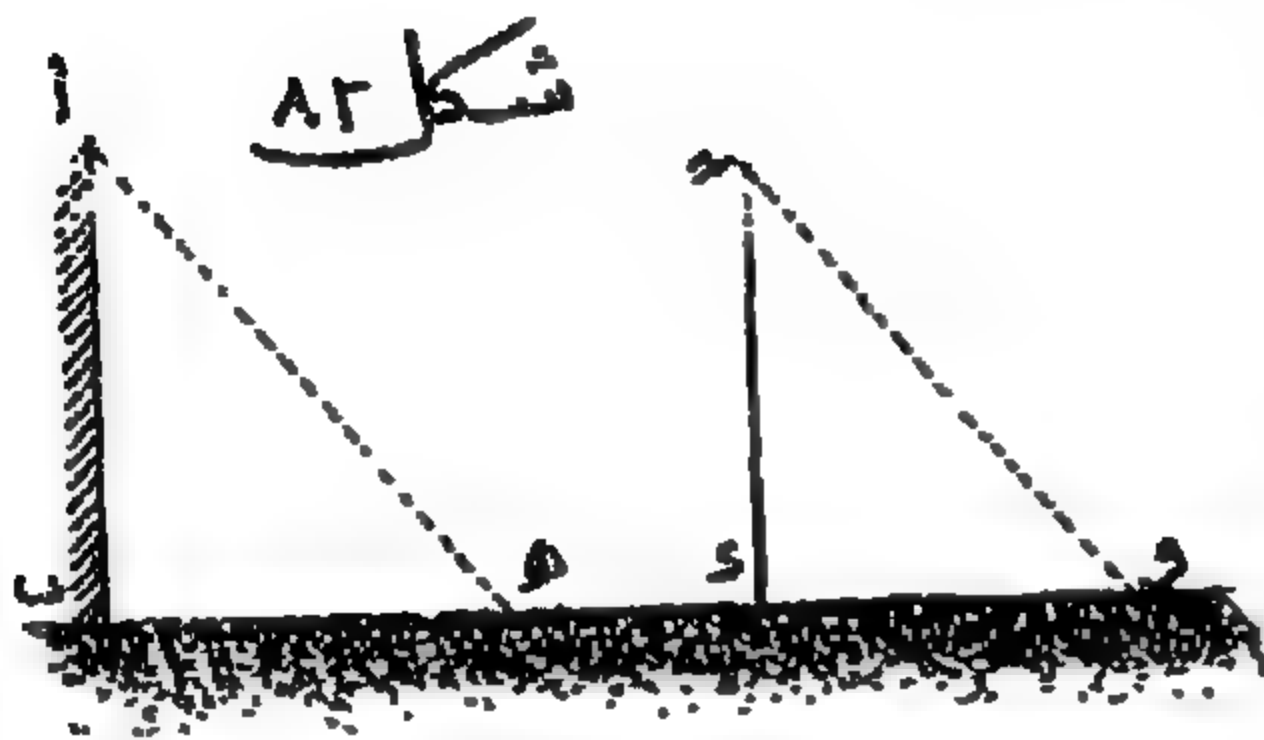


لذلك يوضع شاخص رأسي د هـ في نقطة ما هـ ثم يتأخر خلفه ويغير من شاخص آخر ح و أصغر من الاول في نقطة و بحيث تكون النهاية العليا للشاخص ح و والنهاية العليا للشاخص د هـ وقة البناء على شعاع بصري

واحد فاذا تصورنا مد خط ح و من نقطة ح يوازي سطح الارض فيقابل شاخص د هـ في نقطة ل على ارتفاع ل هـ = ح و = ب د ويحدث مثلثا أ ح و د ل متشابهين ومنهما يحدث

$$\frac{ا ب \times ح د}{ح د} = ا ب$$

وحينئذ يمكن معلومية البعد $ا ب$ حيث ان بعدى $ح د$ و $ح ل$ المساويين الى $و ب$ و $و هـ$ يمكن قياسهما وان البعد $د ل$ هو فرق ارتفاع الشاخصين وبإضافة ارتفاع الشاخص القصير $ح د$ الى $ا ب$ يكون الناتج هو ارتفاع البناء $ا ب$ المطلوب ويمكن حل هذه المسألة بطريقة الظل بان يقال * اذا كان البناء المراد قياس ارتفاعه يحذف ظلا على الارض طوله $ب هـ$ (شكل ٨٢)

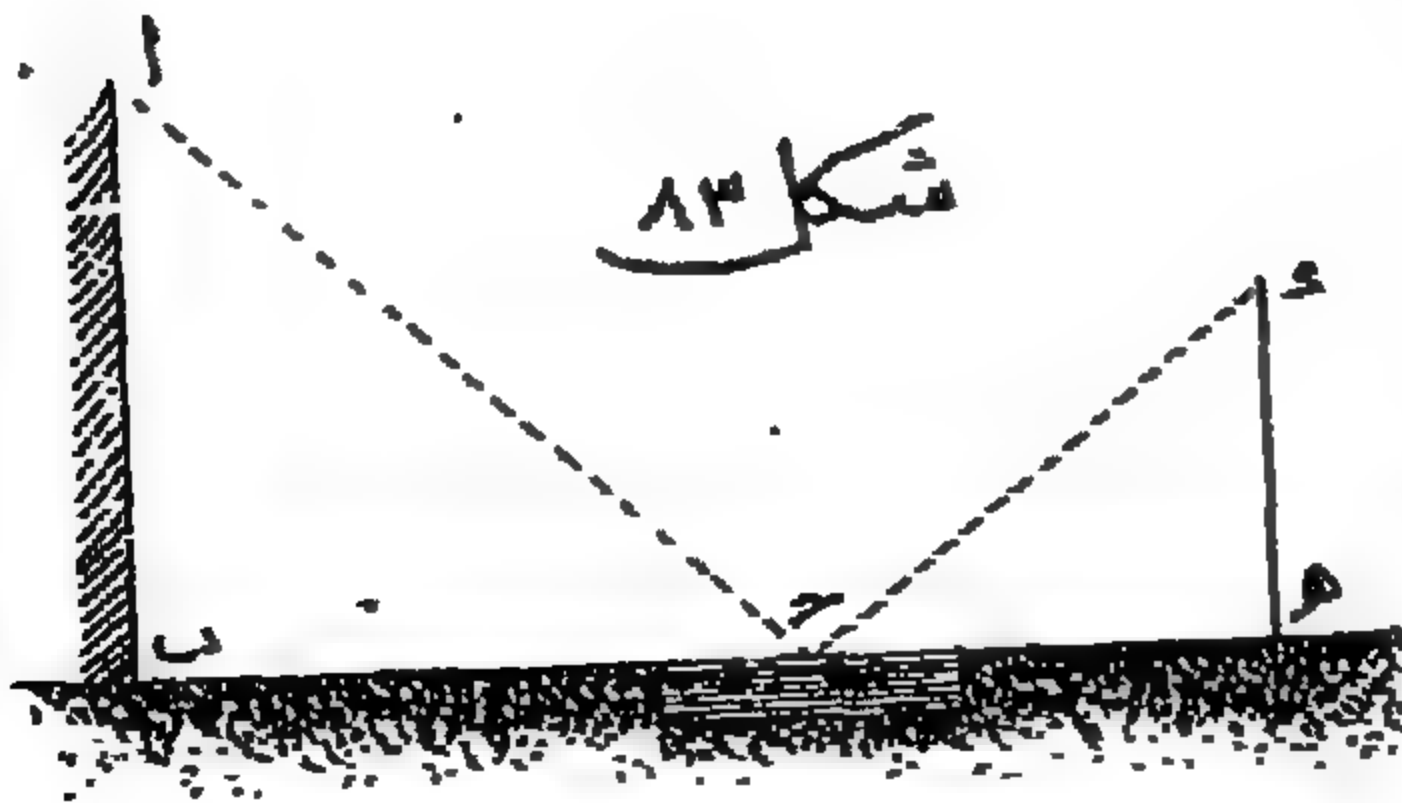


فيوضع في الوقت عينه شاخص رأسي معلوم الطول مثل $د ح$ فيحذف ظلا على الارض طوله $د و$ فاذا توهمنا وصل خطى $ا هـ$ و $ح و$ المحددين للظلين يحدث مثلثا $و ح د$ و $هـ ا ب$

متشابهين حيث ان خطوط الظل متوازية والشاخص مواز للبناء ومنهما يحدث

$$\frac{ا ب \times ح د}{د و} = ا ب$$

وحيث ان حدود الطرف الثاني جميعها يمكن قياسها فيعلم الطرف الاول ويمكن حل هذه المسألة أيضا بطريقة الانعكاس على مرآة بان يوضع على الارض مرآة مثل $ح$ (شكل ٨٣) وضعا أفقيا ثم تقرب أو تبعد من البناء حتى يرى فيها قمة البناء المراد قياس ارتفاعه ثم يبعد



ذلك يغرس شاخص رأسي في الارض و يقرب أو يبعد من المرآة حتى يرى طرفه العلوى في المرآة مماسا لقمة البناء أو ملاقيها في نقطة $ح$ التي

يمكن تعليمها على المرآة برملة زفيعة أو وضع ابرة في اتجاه عمودى وحينئذ فيعتبر $ا ح$

شعاعا ساقطا على المرآة ومنعكسا في اتجاه $د$ وبناء على علم الطبيعة تكون زاوية السقوط $أ ح ب$ تساوي زاوية الانعكاس $د ح هـ$ ويكون المثلثان $د هـ ح$ و $أ ح ب$ متشابهين ومنهما يحدث

$$\frac{أ ب}{د هـ} = \frac{ب ح}{د هـ}$$

وحيث ان حدود الطرف الثاني يمكن قياسها فيعلم $أ ب$ وهو ارتفاع البناء

بمسألة الخامسة المطلوب

قياس ارتفاع بناء لا يمكن الوصول الى

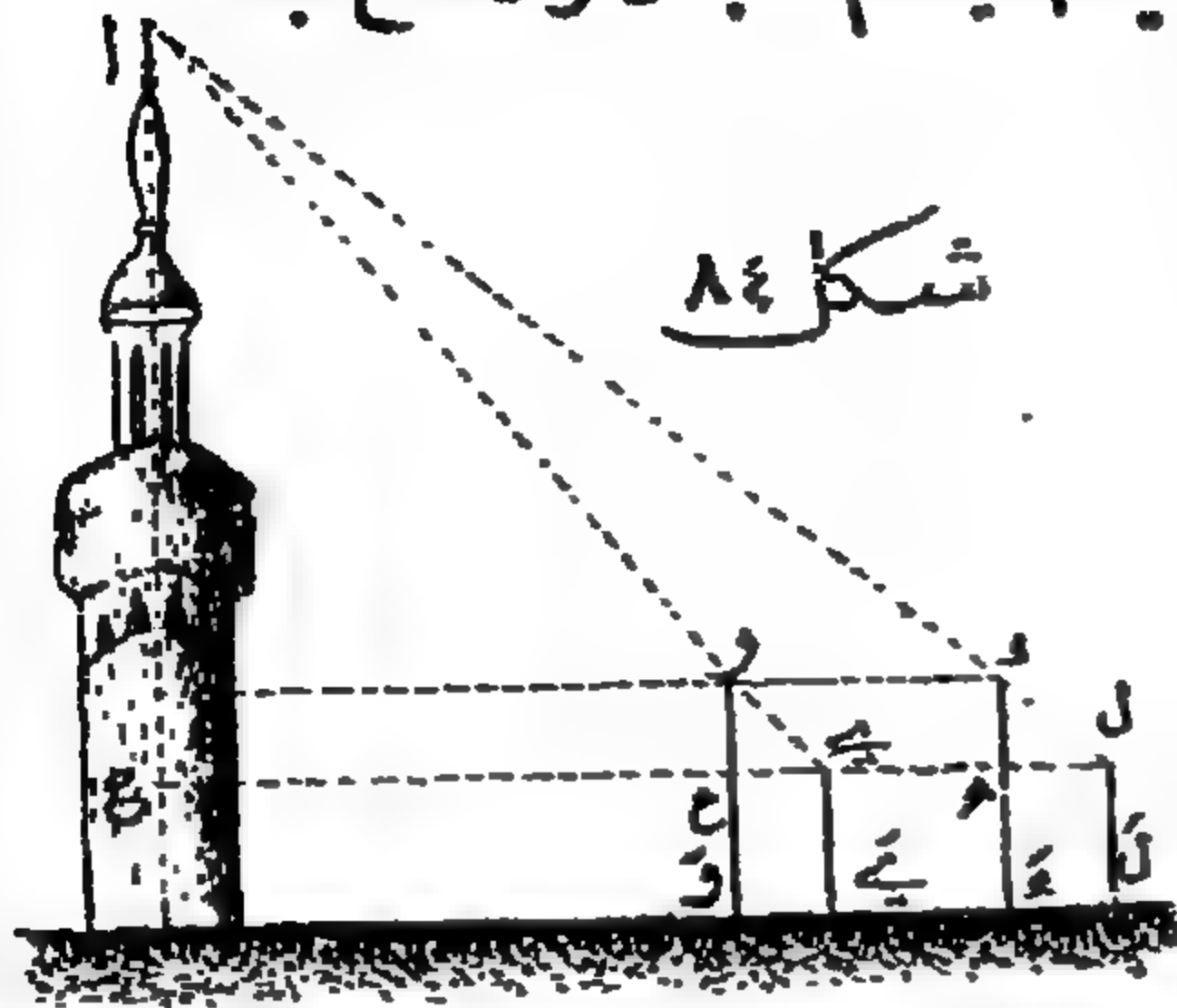
جداره (شكل ٨٤) لذلك نغرس في

نقطة ما $و$ شاخصا رأسيًا $و و$ ثم

تأخر خلفه وعلى استقامة $ب و$

نغرس شاخصا آخر رأسيًا أقصر من

الأول $ع$ بحيث تكون الثلاث



نقط $و و$ $أ$ على شعاع بصرى واحد ثم تأخر أيضا خلفه $هـ$ ما وعلى استقامتهما

نغرس شاخصا رأسيًا مساويا للأول $و و$ في الطول مثل $د د$ وخلفه أيضا نغرس

شاخصا $ل ل$ مساويا للثاني $ع ع$ في الطول وعلى استقامتهما أيضا بحيث تكون

الثلاث نقط $أ و د$ على شعاع بصرى واحد وحيث نذ فالخط $ل ع$ الواصل بين

نهایتي الشاخصين القصيرين يكون موازيا لسطح الأرض وامتداده يقطع الارتفاع

المطلوب في نقطة $ح$ على بعد $ب ح = ل ل = ع ع$ ويقطع $و و$ في نقطة

$ع$ ويكون $و ع$ فرق ارتفاع الشاخصين الصغير والكبير وكذلك خط $د و$ الواصل

بين نهایتي الشاخصين الطويلين يكون موازيا لسطح الأرض وموازيا ل $ح$

ومن مثلي $أ ع و و ع$ المتشابهين يحدث

$$أ ع : و ع :: أ ع : و ع$$

$$أ ح - و ع : و ع :: أ ح - و ع : و ع$$

$$أ ح - و ع : و ع :: أ ح - و ع : و ع$$

$$أ ح - و ع : و ع :: أ ح - و ع : و ع$$

ومن مثلي $أ ل ع و د و$ المتشابهين يحدث

ا و : ا ع :: د و : ل ع

وبمقارنة هذا التناسب بتناسب (١) يحدث

ا ع - و ع : ا ع :: د و : ل ع ومنه

(ا ع - و ع) ل ع = ا ع × د و

وبالضرب والتحويل وأخذ ا ع مضروباً مشتركاً والقسمة على عامله يحدث

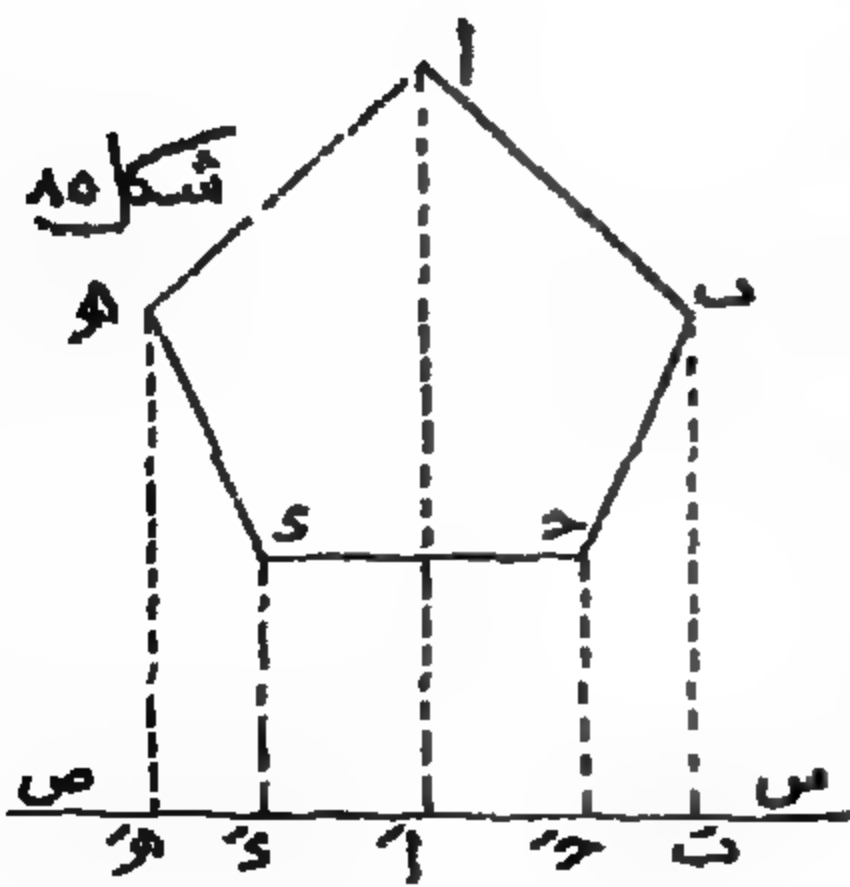
$$ا ع = \frac{و ع \times ل ع}{د و}$$

وحيث ان حدود الطرف الثاني يمكن قياسها فيعلم الطرف الاول وهو ا ع الذي باضافة ارتفاع الشاخص القصير اليه ينتج البعد ا ب المطلوب

المبحث السابع

استعمال مثلث المساح لرسم قطعة أرض وعمل مساحتها

بمسألة - أولاً - لرسم شكل كثير الاضلاع مثل ا ب ح د هـ (شكل ٨٥) مكشوف من الداخل تتخبط قاعدة مثل س ص وينزل عليها من جميع رؤس الشكل أعمدة ب ب ر ح ح ر ا ا ر د د ر هـ بواسطة مثلث المساح كما في (بمسألة ٢٨) ثم تقاس الاعمدة المذكورة بالجزير وتقام أيضاً المسافات ب ب ر ح ح ر ا ا ر د د ر هـ و بعد ذلك يسهل رسم الشكل المذكور على الورق برسم خط يفرض انه نظير س ص ثم تفرض عليه نقطة نظيرة ب ب وتأخذ بالابتداء منها مسافات مساوية ب ب ر ح ح ر ا ا ر د د ر هـ بعد تحويلها الى المقياس ويقام من النقط التي تتعين بهذه الطريقة أعمدة وتأخذ على الاول بعدا

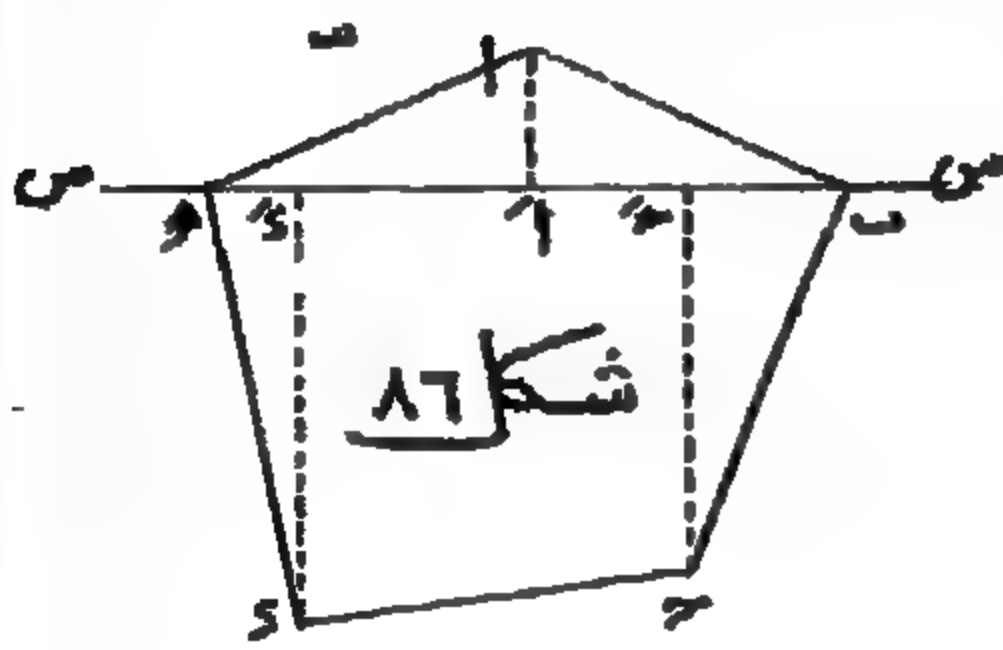


يساوي ب ب محوّل للمقياس وعلى الثاني بعدا يساوي ح ح محوّل للمقياس وهلم جرا ثم توصل الخطوط المناظرة الى ا ب ر ب ح ا الخ فيحصل شكل يكون مشابهاً للشكل الموجود على الأرض

واذا أريد تعيين مساحته تأخذ مساحه شبيهة المتخرف ب ب ا ا و ا ا هـ

بأن يؤخذ مساحة ب ب آ = $\frac{ب ب آ + آ آ ب}{٢}$ بمعلومية أن ب آ = ب ح + ح آ
ومساحة آ ه ه = $\frac{آ ه ه + ه ه آ}{٢}$ بمعلومية أن آ ه = آ د + د ه
ويجمعهما لتحديث مساحة الشكل ب ب ه ه أ وبطرح مساحات أشباه المنحرف
الخارجية ب ب ح ح و ح ح د د و د د ه ه من المجموع المذكور فبقي الطرح
يكون هو مساحة الشكل أ ب ح د ه

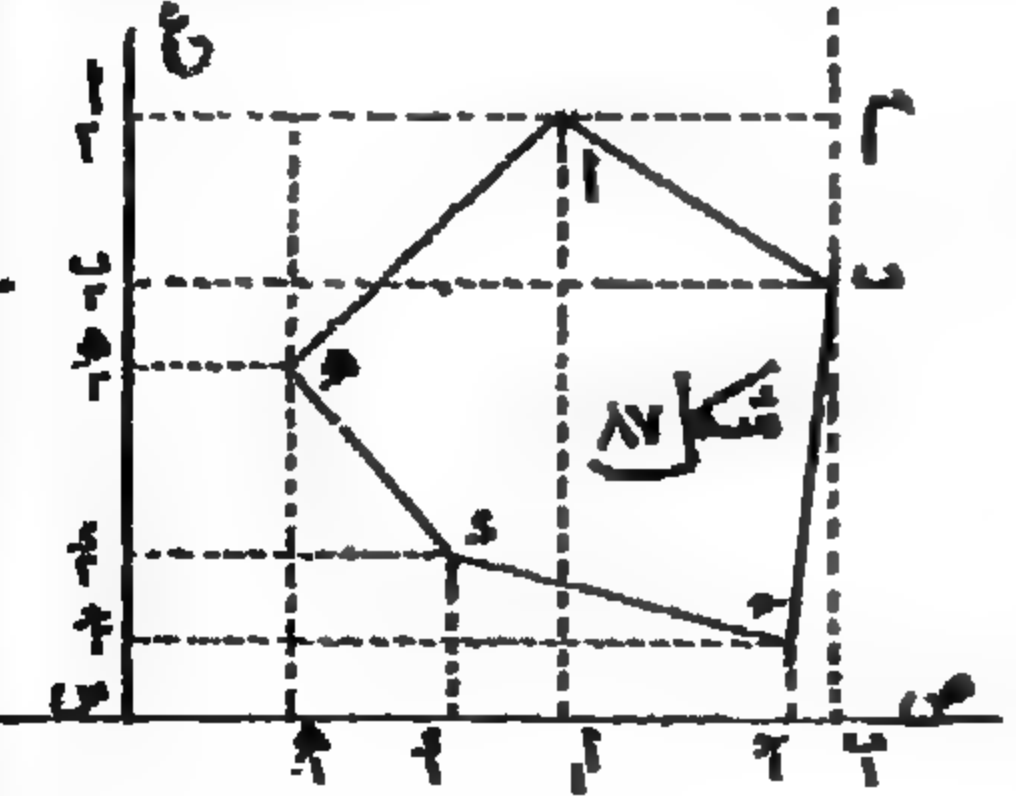
(ملحوظة) - بما أن جمع مساحات وطرح أخرى منها عند عمل أي مساحة غير ممدوح
الافى بعض الاحوال فالأوفق لتجنب ذلك أن تتجنب القاعدة من ص داخل الشكل



بأخذها قطر من أقطاره كما في (شكل ٨٦) ثم من
رؤسه تنزل الأعمدة ح ح و آ آ و د د وتقاس
هذه الأعمدة كما سلف ثم تقاس الأبعاد
ب ح و ح آ و آ د و د ه فتكون مساحة
أ ب ح د ه = ب ح ح + ح ح د + د د ه

د د ه + ه ه آ + آ آ ب أعني أنه صار تقسيم الشكل المراد عمل
مساحته إلى مثلثات قائمات الزوايا وأشباه منحرف يسهل أخذ مساحاتهم من عالم
الرسم السابقة

بشكل ٨٦ - ثانيا - إذا كان الشكل أ ب ح د ه (شكل ٨٧) بركة مثلا بحيث
لا يمكن جوبه والقياس داخله فلرسمه مستقيما من ص ومن ع متعامدين ثم ينزل من

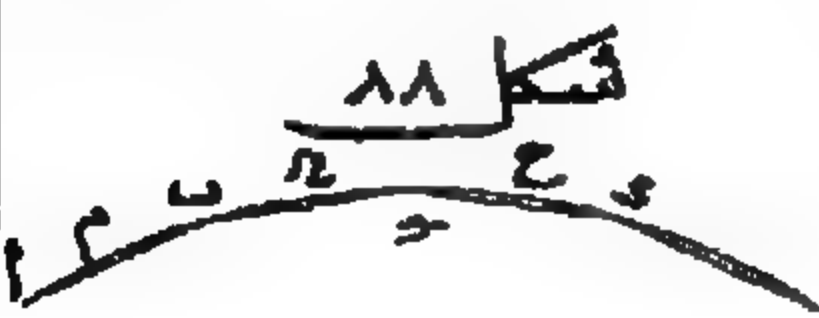


رؤس الشكل أعمدة على من ص مثل ه ه و د د
و آ آ و ح ح و ب ب ثم على من ع مثل ح ح
و د د و ه ه و ب ب و آ آ ثم تقاس المسافات
من ه ه و د د و آ آ و ح ح وكذلك من ح ح
و د د و ه ه و ب ب وهذه الكيفية

يسهل رسم الشكل المذكور على الورق ثم أخذ مساحته بالعالم المتقدمة بعد عمل
الكروكي الذي تكتب فيه الأبعاد التي صار قياسها ويكون رسم الشكل به نظريا

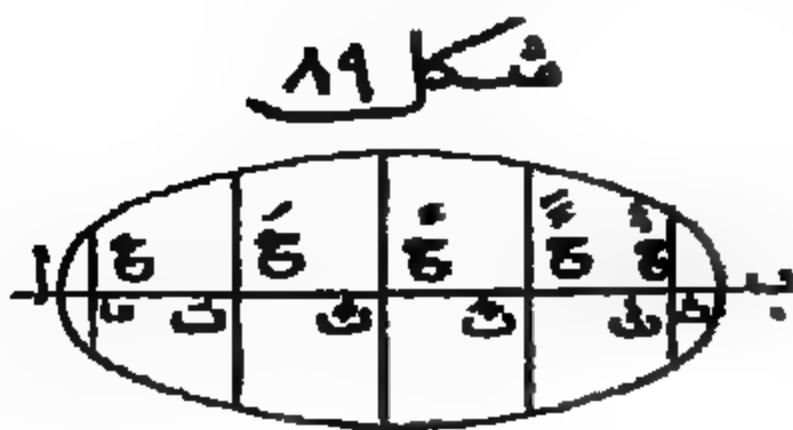
وذلك بأن يرسم مستقيمان متعامدان في الورق مناظران الى $ص$ و $س$ و $ع$ ثم
 بالابتداء من نقطة تقاطعهما تؤخذ ابعاد مساوية بالتعاقب الى الابعاد التي قيست بعد
 تحويرها للمقياس الرسم ثم تقام الاعمدة المتناظرة فتتقاطع متني وتكون نقط تقاطعها
 هي نقاط نقط الشكل (وينظر للدكروكي عند كل تقاطع) ثم توصل النقط المتحصلة
 ببعضها فالشكل الحادث على الورق يكون مشابها للشكل الموجود على الارض
 واذا كان القصد اخذ مساحة قيمه العمودان $ب$ و $ا$ الى أن يتلاقيا في نقطة $م$
 فمساحة شكل $ا ب ح د$ تساوي مساحة المستطيل $م ب م ا$ مطروحا منها
 مجموع المساحات الخارجة وهي $ا م ب$ و $ب ب ح$ و $ح د د$ و $د ا ا$ و $ا ه ه$ و $ه ه ه$
 و $ه ه ا$ و حيث ان مساحة المستطيل معلومة وكذا المساحات الخارجة فتعلم مساحة
 الشكل المطلوب

بـ ٨٧ - يسهل اخذ مساحة الشكل المذكور اذا اخذ خطا $ص$ و $س$ و $ع$
 المتعامدان ما بين برأسين من رؤس الشكل أو اخذ أحدهما على امتداد أحد أضلاع
 الشكل والثاني ما بين الرأسين البارزين نقص عدد المساحات الخارجة مع السرعة في العمل
 بـ ٨٨ - اذا كان السطح المراد مساحته محدودا بنحط منحن (شكل ٨٨) فيرسم
 داخل هذا المنحنى شكل كثيرا الاضلاع أضلاعه صغيرة جدا ثم تقدر مساحته كما تقدم
 ولم يبق الا تقدير مساحات السطوح $ا م ب$ و $ب ب ح$ و $ح د د$ التي تقدر بتقسيم الوتر
 $ا ب$ الى أجزاء صغيرة جدا بحيث تعتبر الاجزاء المنحنية المحصورة بين الاعمدة المقامة على
 الوتر $ا ب$ من نقط التقاسيم كخطوط مستقيمة ثم يقدر مساحة كل شبه منحرف صغير وكل



من المثلثين النهائيين كما سبق وهكذا بالنسبة الى $ب ح$
 و $ح د$ و مجموع هذه السطوح الجزئية مضافا الى
 مساحة كثير الاضلاع يكون هو المساحة المطلوبة

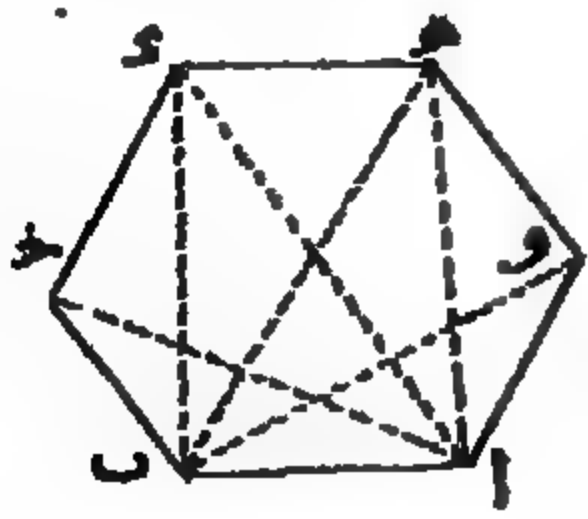
وتستعاض هذه الطريقة بطريقة أخرى أسهل منها مؤدية الى تقريب كاف



وهي ان يرسم أكبر وتر $ا ب$ ثم يقسم السطح بواسطة
 أعمدة على $ا ب$ الى مثلثات قائمة الزوايا واشباه منحرف
 (شكل ٨٩) أضلاعها المنحنية تكون صغيرة جدا بحيث

عضادته المتحركة مارة بنقطة ب وتقرأ الزاوية المقابلة لصفر ورتبة العضادة المتحركة وتكن
 ١٢٠ ٣٠ مثلاً ثم يقاس البعد أ ب ويكتب بالدقتر في الخانة الأولى تحت لفظة أوضاع
 أ وفي الثانية ب وفي الثالثة طول البعد أ ب وهو ٥٠٢٠ متر مثلاً وفي الرابعة مقدار
 الزاوية بحيث يكون الدرج تحت علامة ه وال دقائق تحت علامة — ثم تكتب في
 الخانة الخامسة الملحوظات الدالة على نقطتي أ ب وعلى اتجاه العضادة الثابتة * ثم ينقل
 الجرافومتر من وضع أ ويوضع في نقطة ب كما تم ووجه عضادته الثابتة إلى نقطة أ
 والمتحركة إلى نقطة ح وتقرأ الزاوية ويقاس البعد ويكتب في الدقتر كما سبق ويستمر نقل
 الجرافومتر من نقطة إلى أخرى بهذه المثابة إلى أن تصل نقطة و ويجري به ما سبق
 (تنبيه) — لسهولة رسم الشكل المذكور على الورق يعمل كروكي واضح به هيئة
 الأرض مع وضع الرموز الدالة على كل نقطة عليه
 بـ ٩١ — طريقة التقاطع * لرسم شكل أ ب ح د ه و (شكل ٩١) يتدأ بعمل
 دقتر هذه صورته

أوضاع	نقط مرصوده	زوايا		ملحوظات
		—	٥	
أ	و	١٣٠	٣٠	العضادة الثابتة على نقطة ب ونقطة و هي كذا
	هـ	١٠٣	٣	ونقطة هـ كذا شرحه
	د	٨٧	٠٠	ونقطة د كذا شرحه
	ح	٥٧	١٠	ونقطة ح بشارع كذا شرحه
ب	و	٤٣	٢٥	العضادة الثابتة على نقطة أ
	هـ	٦٥	١٢	شرحه
	د	٩٣	١٧	شرحه
	ح	١٢٧	١٥	شرحه



طول القاعدة أ ب = ٢١٢,٢٠ متر

الشكل الثاني.... الخ

ثم يوضع الجرافومتر في نقطة أ ويجعل أفقياً وتوجه العضادة الثابتة إلى نهاية القاعدة
 أ ب وتقرأ الزوايا التي تبينها ورؤية العضادة المتحركة حال توجيهها إلى رؤس الشكل
 ولتكن الزاوية حال توجيهها إلى نقطة هـ هي $\angle \text{أ ب هـ} = 30^\circ$ فيكتب تحت
 لفظة أوضاع أ وتحت لفظة نقط مرصودة و وتحت لفظة زوايا 30° 130° ثم توجه
 العضادة المتحركة على هـ وتقرأ الزاوية هـ أ ب ولتكن $3^\circ 10'$ ويكتب في الدفتر
 تحت نقط مرصودة هـ وتحت زوايا $3^\circ 10'$ وهكذا الخ ثم يجرح خط أفقي تحت آخر
 نقطة مرصودة في الجدول وينقل الجرافومتر ويوضع في نقطة ب موفياً للشروط
 السابقة وتوجه عضادته الثابتة على نقطة أ ثم يكتب تحت لفظة أوضاع ب ثم تحرك
 العضادة المتحركة بالتوالي على النقاط و د هـ ح الخ ولتكن مقادير الزوايا هي $25^\circ 43'$
 و $12^\circ 60'$ و $17^\circ 93'$ الخ ثم يكتب في الدفتر النقاط المرصودة والزوايا المقابلة لها كما
 سبق في الوضع أ ثم بعد ذلك يجرح خط أفقي كما يشاهد بالدفتر ويكتب طول القاعدة أ ب
 وليكن $212,20$ متراً

وبعد تمام ذلك إذا كانت الأشغال تقتضي فتح شكل آخر فيكون العمل فيه كما سبق
 وبوجود الدفتر والكر وكي المينة به صورة الأشكال الأرضية يسهل رسمها على الورق
 بـ ٩٢ - طريقة الثبات - لرسم شكل أ ب ح د هـ بطريقتي الثبات (شكل ٩٢)
 يعمل دفتر هذه صورته

نقط مرصودة	ابعاد	زوايا		ملحوظات
		٥	-	
ب	٢٧,٨٠	٤٢	١٥	العضادة الثابتة على نقطة أ
ح	٣٢,٧٠	٨٧	١٢	شرحه
د	٢١,٤٠	١٧٨	٥٥	شرحه
هـ	٢٥,٦٠	٤٧	١٧	العضادة الثابتة على نقطة د
و	٣٣,٢٠	٩٦	١٦	شرحه
أ	٢٩,٣٠	٨٤	٤٩	العضادة الثابتة على نقطة و



ثم تنتخب نقطة داخل الشكل بحيث تكشف رؤسها وتكن م وتوضع الآلة فيها موفية لشروطها ثم توجه العضادة الثابتة الى احدى رؤس الشكل وتكن ا وتقرأ الزاوية التي بينها والورنية حينما تكون العضادة المتحركة موضوعة في اتجاه م ب وتكن الزاوية $15^\circ 42'$ ثم يقاس خط م ب وليكن طوله ٢٧,٨٠ مترا ثم يكتب في الدفتر تحت نقط مرصودة ب وتحت ابعاد ٢٧,٨٠ وتحت زوايا $15^\circ 42'$ وفي الملاحظات العضادة الثابتة موجهة الى ا ثم توجه العضادة المتحركة الى نقطة أخرى مثل ح ويجري بها ما جرى بسابقتها ثم على نقطة د ويلاحظ انه اذا وضعت العضادة المتحركة على نقطة هـ فانه لا يمكن قراءة الزاوية فينتدبيلزم ان تدار الحافة بقدر 180° وتوجه عضادتها الثابتة على نقطة د ويكتب ذلك بالملاحظات ثم تقرأ الزوايا المتعاقبة الى ان ينتهي توجيه العضادة المتحركة على كافة رؤس الشكل ويعمل أيضا كروكي موضع بهيمة الارض والاستعلامات اللازمة لسهولة رسم الخريطة

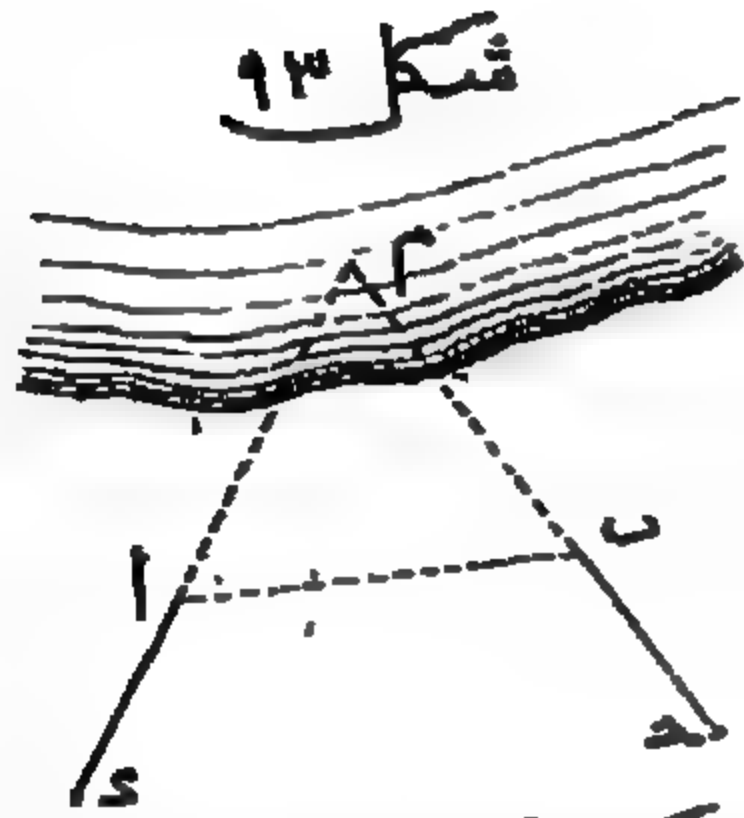
(ملحوظات)

بـ ٩٣ - أولاً - يلزم اشتراك الثلاث طرق معالسهولة ثانياً بديل ان تقرأ الزوايا المتعاقبة تقرأ بنسبة اتجاه واحد حيث انه بقراءة الزوايا المتعاقبة لا بد وان يوجد خطأ جزئي في كل منها يتجمع منه خطأ كبير ثالثاً عند تدوير الحافة يلزم تبين ذلك بالدفتر كما انه يقتضي ملاحظة اتجاه العضادة الثابتة دائماً لسهولة رسم الزوايا بالرق على الخريطة رابعاً في الاشغال تقاس أبعاد غير لازمة لتسكون كتحقيق عند الرسم (حل بعض مسائل بواسطة الجرافومتر)

بـ ٩٤ - المسألة الاولى - المطلوب قياس زاوية ب م ا الغير ممكن وضع الآلة في رأسها بسبب مانع كبحر مثلاً (شكل ٩٣) لذلك تنتخب نقطتي ب و ا على اتجاهي ضلعي الزاوية ثم يوضع الجرافومتر في نقطة ب

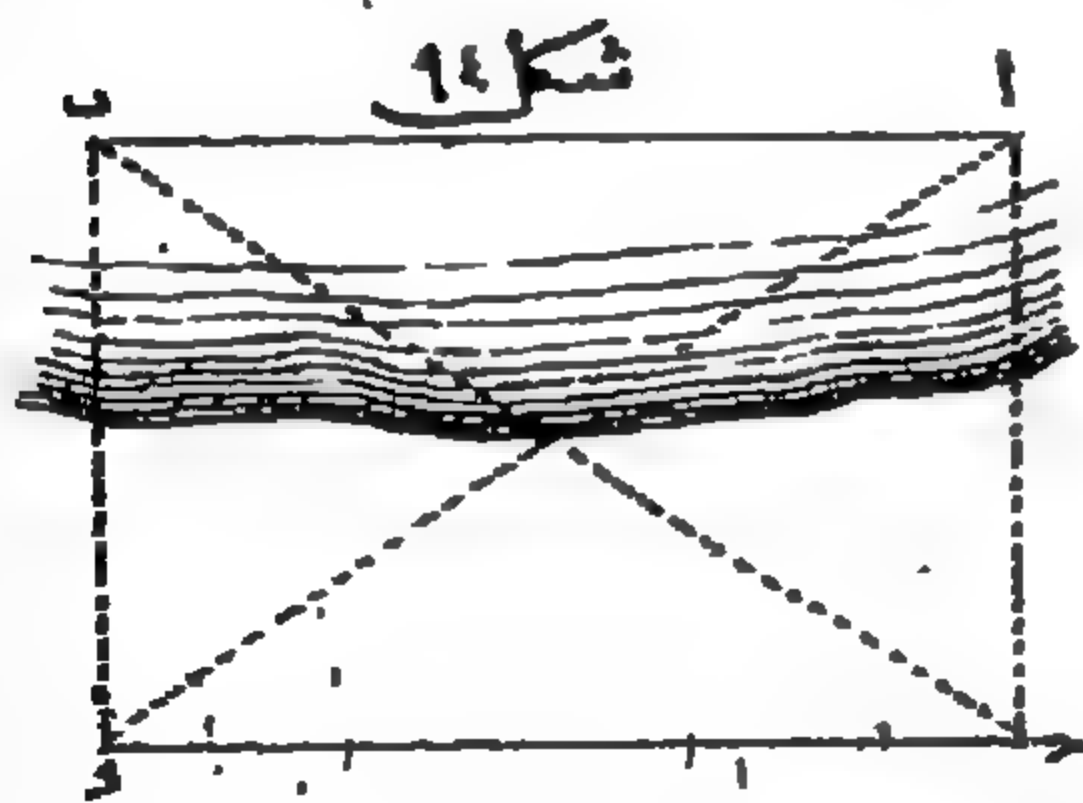
وتقاس زاوية م ب أ ثم ينقل ويوضع في أ وتقاس به زاوية م أ ب ثم يطرح مجموع زاويتي م ب أ و م أ ب من ١٨٠ فالباقي هو مقدار زاوية ب م أ وان كانت نقطة م غير موجودة والمعلوم فقط اتجاهان ح ب و د أ ويراد تعيين مقدار الزاوية المحصورة بينهما الواقعة رأسها بجرأ ومنستتقع أ وبنا

لذلك تقاس زاوية ح ب أ بعد وضع الجرافومتر في نقطة ب وتطرح من ١٨٠ فالناتج هو مقدار زاوية م ب أ ثم تنقل الآلة وتوضع في أ وتقاس زاوية ب أ د ويطرح مقدارها من ١٨٠ فالباقي هو مقدار زاوية م أ ب ثم تجمع زاويتا م ب أ و م أ ب ويطرح الحاصل من ١٨٠ فيكون الباقي هو مقدار زاوية م



شكل ٩٣

ب ٩٥ - المسألة الثانية - المطلوب قياس الطول أ ب الغير يمكن الوصول اليه بواسطة

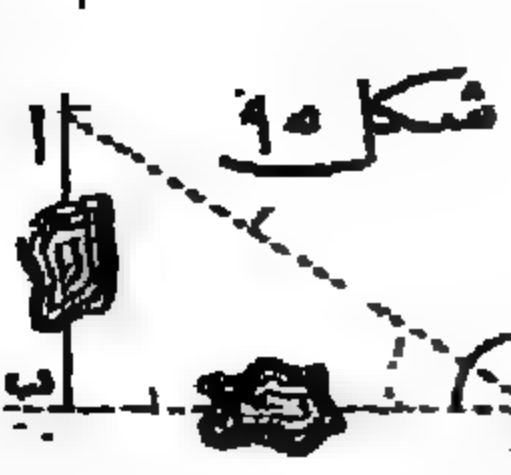


شكل ٩٤

الجرافومتر (شكل ٩٤) لذلك تنتخب قاعدة مثل ح د وتقاس قياسا مضبوطا ثم توضع الآلة في نقطة د وتقاس زاويتا ب د و أ د ح ثم تنقل وتوضع في ح وتقاس زاويتا أ ح د و ب ح د وبعد

معرفة مقادير هذه الزوايا وطول ح د يمكن رسم الاتجاهات أ ح و ب ح و أ د و ب د على الورق وحينئذ يبتقاطع أ ح مع أ د تعيين نقطة أ وبتقاطع ح ب مع د ب تعيين ب وحينئذ يعلم من الرسم طول أ ب

ب ٩٦ - المطلوب قياس مستقيم أ ب الممكن الوصول الى نهايته غير ان بواسطة مانعا (شكل ٩٥) لذلك يقام عمود من نقطة ب على اتجاه أ ب



شكل ٩٥

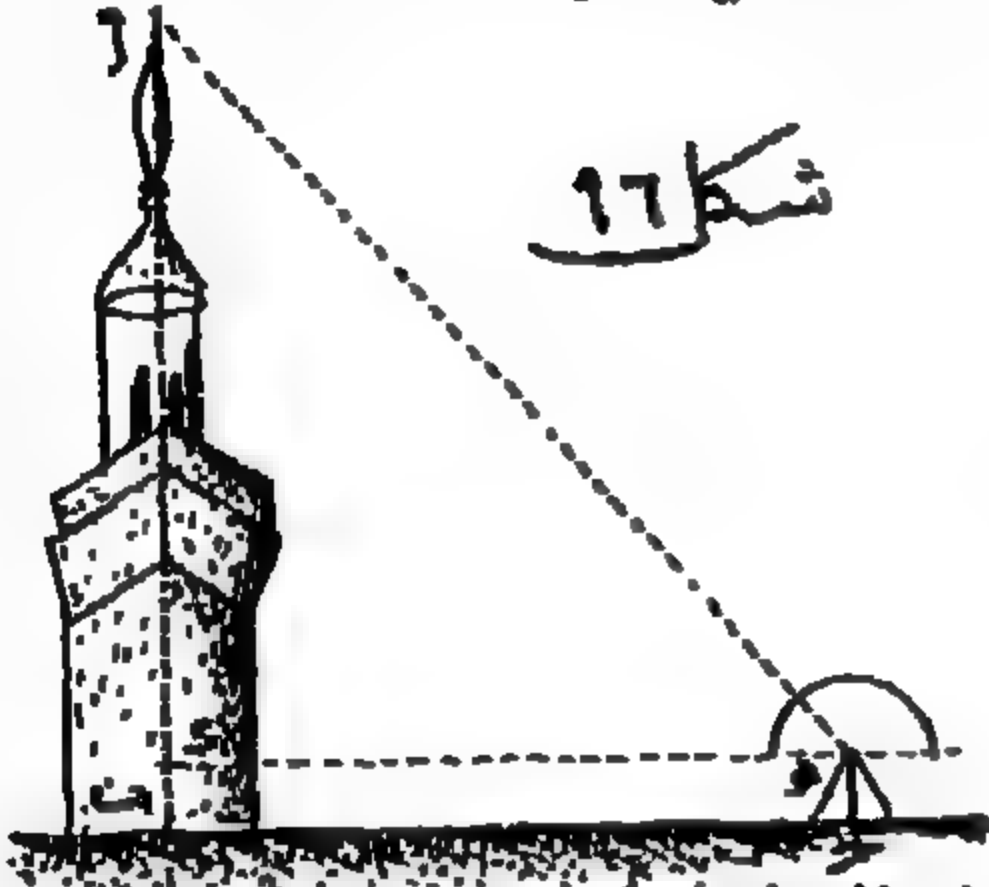
بواسطة الجرافومتر ثم تثبت العضادة المتحركة على ٤٥ ثم يتحرك بالآلة على اتجاه ب ح الى الوضع الذي فيه يكون الشعاعان البصريان الخارجان من العضادتين مارين بنقطتي أ و ب أعني ح

الذي تكون فيه العضادتان في الاتجاهين ح ب و ج أ فالبعد المحصور بين النقطة ب والوضع المذكور يكون مساويا أ ب حيث ان المثلث أ ب ج الحادث قائم الزاوية في ب ومتساوي الساقين

(استعمال الجرافومتر في قياس الارتفاعات)

٩٧ - المطلوب قياس ارتفاع بناء يمكن الوصول الى جداره (شكل ٩٦)

لذلك يوضع الجرافومتر في نقطة ج مثلا ثم يجعل حافته رأسية ويجعل العضادة الثابتة



موازية لسطح الارض ويتطرب العضادة المتحركة رأس البناء أ وتقاس الزاوية د ه أ ثم يقاس البعد ح ب المساوي د ه وحينئذ فالمثلث أ ه د القائم الزاوية يكون فيه ضلع ه د معلوما و زاوية حادة أ ه د فيمكن رسمه ومعلومية أ د ثم يضافته الى ب د المساوي ارتفاع نقطة ه عن ج ينتج ارتفاع البناء

والا وفق حل المثلث أ ه د ومعرفة أ د بالحساب حيث ان الرسم لا يعطى طولاً مضبوطاً ويوجد أ د = ه د ظاً أ ه د

٩٨ - المطلوب قياس ارتفاع بناء أ ب (شكل ٩٧) غير يمكن الوصول الى جداره

لذلك نتخب قاعاً د ممثلاً ج على أرض أفقية تقريباً ثم يوضع الجرافومتر في نقطة د

وتقاس الزاوية أ ه د الحادثة من الشعاع الواصل لأ على البناء والشعاع الأفقي فتعلم

أ ه د المسكولة لها ثم ينقل الجرافومتر ويوضع في نقطة ج ويجعل على ارتفاع مساو

ه د وتقاس زاوية أ م ه ثم يقاس البعد د ح المساوي ه م وحينئذ علم الضلع ه م

والزاويتان أ ه م و أ م ه يمكن رسم المثلث أ ه م أو حله بالحساب ومن بعد ذلك اما أن

ينزل العمود أو على م بالطريقة الرسمية أو بحسب أ م من مثلث أ م والقائم الزاوية

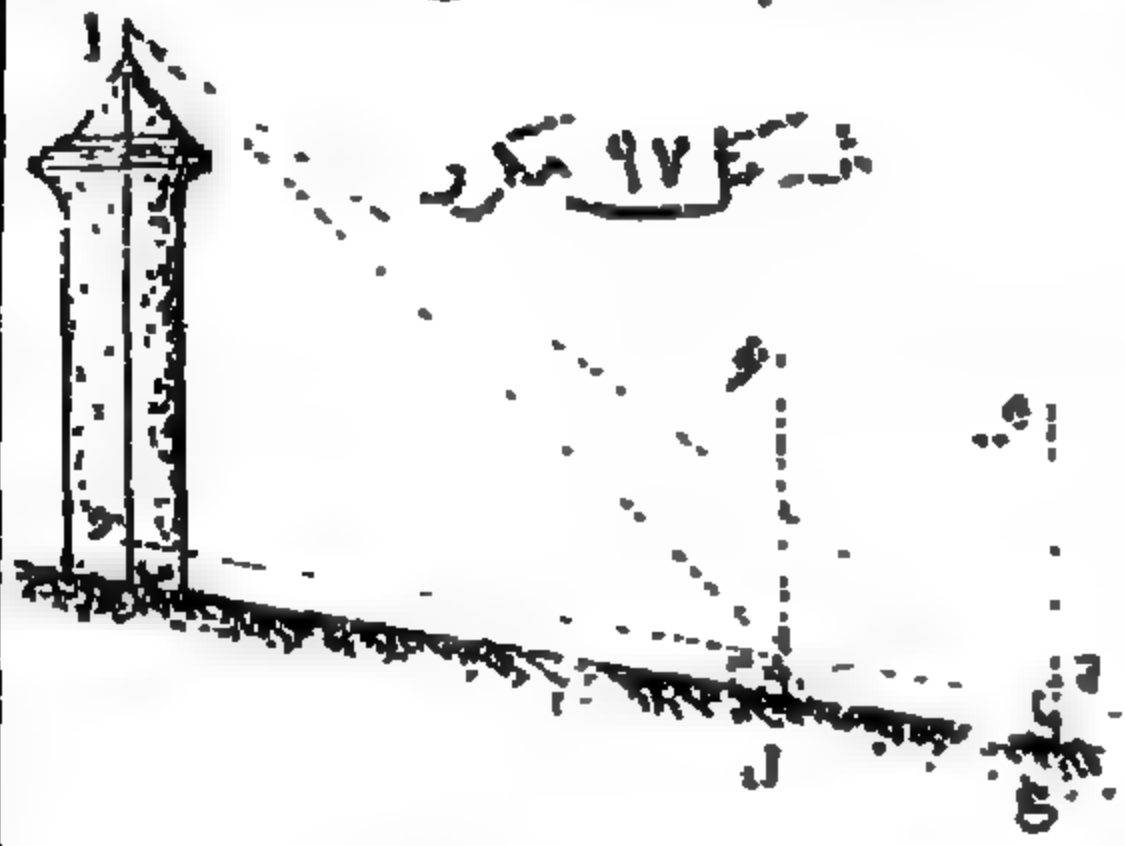
وبعد معلومية أ م يضم اليه ارتفاع الآلة م ج فالنتيجة يكون هو الارتفاع المطلوب

وأما اذا كانت الأرض مائلة (شكل ٩٧ مكرر) وكان سطح الأرض هو ك ب

فنضع الآلة في نقطة مثل ل بحيث تكون العضادة الثابتة رأسية ثم يحرك بالعضادة المتحركة على رأس البناء أ ويعين على الحافة الرأسية مقدار زاوية هـ م أ المساوية م أ ح ثم تقل الآلة بدون أن يغير ارتفاعها وتوضع في نقطة مثل ح من اتجاه المستقيم المار



بنقطتي ل و ب بحيث تكون العضادة الثابتة رأسية أيضا ثم يوضع شاخص رأسي في نقطة ل ويعلم عليه ارتفاع الآلة ثم يحرك بالعضادة المتحركة على العلامة الموجودة على الشاخص المذكور فيكون ضرورة اتجاه العضادة في هذا الوضع موازيا ح ب وحيث إذا تصورنا مد اتجاه العضادة إلى أن يقابل المبني في نقطة ح يكون الارتفاع اللازم تعيينه



هو فقط أ ح ثم تعين الزاوية و د أ المساوية و د أ ح وحيث نذب طرح زاوية و د أ من زاوية و د ح يكون الباقي مساويا زاوية أ د م ويطرح زاوية م أ ح من زاوية و د أ ح تنتج زاوية و د م وحيث علم في مثلث أ د م زاويتا و د أ و ضلع و د م المساوي ح ل الممكن قياسه فينتد يمكن تعيين الضلع أ م اما بالطريقة الحسابية أو الرسمية و يعلم من مثلث أ م ح زاويتا أ م و أولاهما بالرصد والآخرى حاصل جمع زاويتي و د و أ ثم الضلع م أ وحيث يمكن حله ومنه يتعين الارتفاع أ ح و يضم ح ب المساوي ارتفاع الآلة إليه يكون الناتج هو الارتفاع المطلوب

المبحث السابع

استعمال البنتومتر

٩٩ د - يستعمل البنتومتر في رسم المسقط الأفقي لقطعة أرض بالثلاث طرق كما هو موضح في ب ٨٩ وما بعده لغاية ب ٩٥ وان كان به دائرة رأسية فيمكن بواسطته قياس الارتفاعات أيضا كما توضح في ب ٩٧ وما بعده

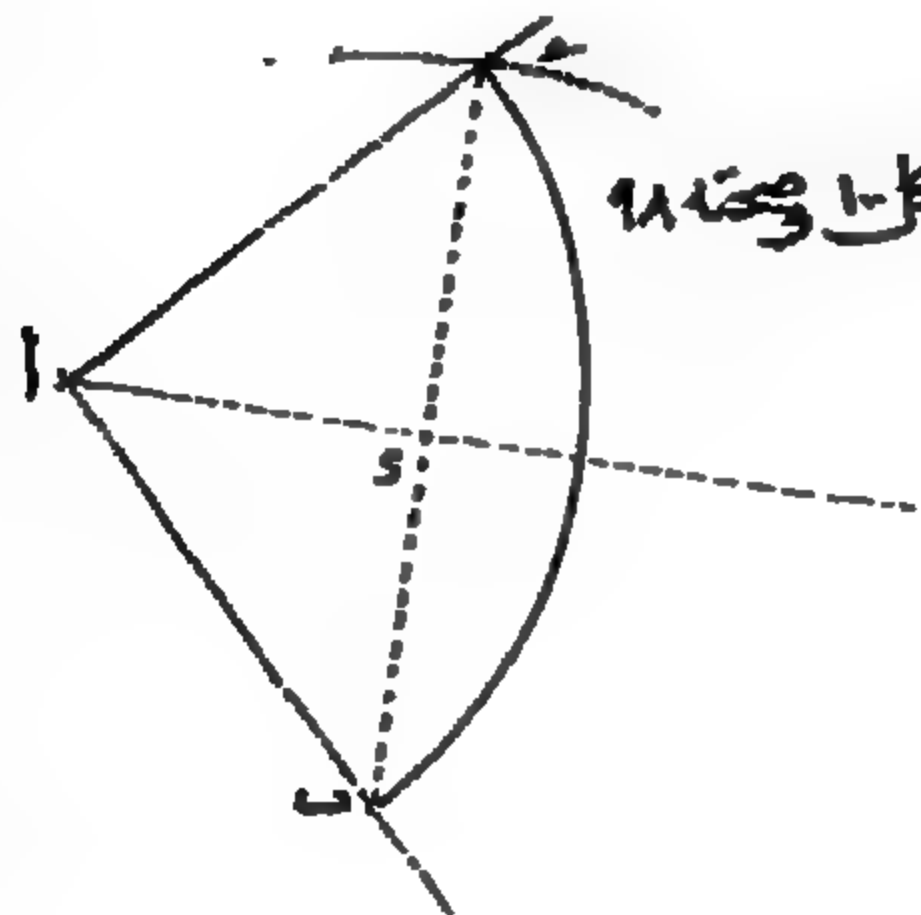
(نقل الزوايا على الورق)

بنتد - حينما تنتهي الاعمال على الارض أعني متى قيست الزوايا والابعاد التي بها ترتبط النقط اللازمة لرسم الخريطة لا يبقى علينا الا رسم هذه النتائج على الورق * وحيث معلوم أن الزوايا مقدرة بالدرج و $\frac{1}{2}$ سورة فاذا كان أحد أضلاع الزوايا من سوما على الخريطة فيستعمل لرسم ضلعها الآلة تسمى رقفا أو منقلة * وهذه المنقلة عبارة عن نصف دائرة من الجلد المصنوع بالطبخ بحيث يكون شفا فارقيا وقطر دائرته يكون في العادة من ١٥ متر الى ٢٠ مترا وأحيانا أقل أو يزيد من ذلك ومحيط هذه الدائرة يقسم الى درج وعند الامكان الى أنصاف درج ومرقوم بالابتداء من اليمين الى اليسار من ٠ الى ١٨٠ وكذلك من اليسار الى اليمين لامكان استعماله من الجهتين ثم ان الارقام مكتوبة من خمس درجات الى خمس درجات أو من عشرة الى عشرة

ولاستعمال هذه الآلة يطبق قطر الدائرة المار بصفر ٠ على الضلع المعلوم مع وضع مركز المنقلة في رأس الزاوية ويعد درج الزاوية بالابتداء من الصفر الموضوع على ضلعها في جهة انقراجها ويعلم على نهايته بنقطة ثانية فتكون هذه النقطة من الضلع الثاني للزاوية * وتضع بعض المنقلات من الخماس الاصفر وتكون خطوط تقاسيمها متصلة بنهاية حافة الدائرة ومركزه معلوم على الحافة الداخلة أو الخارجة للمسطرة المعتبرة قاعدة

وحيث ان المنقلة لا يرسم بها الا أنصاف درج في الغاية فلا ترسم بها الزوايا المقيسة بالبنطو مترا وبالجرافومتر حيث انها مخرقة من دقيقتين وأحيانا من دقيقة واحدة الا اذا لم تتجاوز أضلاعها نصف قطر المنقلة المستعملة * لكن متى كان طول الضلع أكبر من نصف قطر المنقلة فلا بد من حصول خطأ في نقل الزوايا يصل الى خمس دقائق مهما كان الاحتراس ويتسبب عن هذا الخطأ الزاوي تباعد كبير للنقطة التي تكون على نهاية الضلع الثاني للزاوية كلما كبر بعدها عن رأس هذه الزاوية وحيث قد لا وفق استعمال منقلة من المعدن لها ورنية تتحرك بواسطة برمقرب وتربط الورنية بمسطرة حرقها الا ما يبر بصفر الورنية ويمر كز دائرة المنقلة وبهذه المنقلة ترسم الزوايا بالضبط الشافي وعند عدم وجود المنقلة ذات الورنية يمكن رسم الزوايا بطريقة الاوتار كما سيأتي

بأنه - نفرض معلومية مقدار الوتر ب \angle المطابق لزاوية أ في المحيط الذي
نصف قطره معلوم وليكن ثق (شكل ١٠٠) فن المعلوم أنه إذا جعلت نقطة أ مركزا
وبنصف قطر مساو ثق ورسم قوس دائرة مثل أ ب \angle أ ثم جعلت نقطة ب مركزا
وبنصف قطر مساو للوتر المعلوم ب \angle ورسم قوس آخر فهذان القوسان يتقاطعان في
نقطة \angle التي إذا وصل منها إلى أ تكون زاوية ب أ \angle هي الزاوية المطلوبة
وحيث أن فل يبق الأمر معرفة الأوتار المقابلة لكل زاوية بنسبة محيط دائرة نصف
قطره مساو للوحدة لأن انفرج أي زاوية لا يتعلق بنصف قطر المحيط المقيسة فيه
هذه الزاوية



شكل ١٠٠

ولذلك ينزل من نقطة أ عمود أ د على ب \angle شكل ١٠٠
فيكون منصف الزاوية ب أ \angle ومعلوم أن
ب د هو جيب الزاوية ب أ د التي هي نصف
الزاوية الكلية وهو مساو إلى \angle أ أعني أن
ب \angle = ب د = $\frac{1}{2}$ ج أ ب أ \angle

فإذا وجد جدول محسوب فيه أطوال الجيوب الطبيعية فبواسطة تحسب الأوتار بسهولة
أي أنه إذا أردت معرفة وتر زاوية قدرها ١١٤ مثلا يكون

$$\text{وتر } ١١٤ = ٢ \text{ ج } \frac{1}{2} ١١٤ \text{ أو وتر } ١١٤ = ٢ \text{ ج } ٥٧$$

ومن جدول الخطوط المساحية الطبيعية يعلم ج أ ٥٧ الذي تضعيفه ينتج الوتر المقابل
للزاوية ١١٤ وحيث يرى في جداول الخطوط الطبيعية أن ج أ ٥٧ = ٨٣٨٦٧
فيكون ٢ ج أ ٥٧ = ١٦٧٧٣٤ وحيث نرسم الزاوية المذكورة يؤخذ نصف
القطر أ ب مساويا للوحدة ونصف القطر ب \angle مساويا ١٦٧٧ والزسم بهذه الكيفية
أسرع وأحسن من غيره سيما إذا لوحظ الاحترا من الزائد


وأما الزوايا المنفرجة ج د فترسم بواسطة وتر مكملتها إذا رؤى أن التقاطع حاذ كثيرا
بحيث توجد النقطة \angle بالضبط الكافي

المبحث العاشر

في استعمال البوصلة

ب ١٠٢ - تستعمل البوصلة لرسم المسقط الافقي لقطعة أرض بثلاث طرق ويسهل
 على خريطة بالبوصلة بعمل كروكي تطرى تبين لهيئة الأرض وتوضح به الدلالات اللازمة
 لكل نقطة بتوضيحات قصيرة سهلة الفهم بحيث لا يكون بشع المنظر كما انه يكتب عليه
 اطوال الاضلاع ومقادير الزوايا التي قيست * وبما انه لا بد وأن توجد بعض نقاط يلزم لها
 دلائل مطولة جدا فيصحب الكروكي عادة بدفتر خصوصي تبين به هذه الدلائل مع وضع غمر
 على نقاط الكروكي مطابقة للنمرا التي تؤخذ عند بيان هذه النقاط بالدفتر بحيث ان الكروكي
 والدفتر يكونان من تبطين ببعضهما وبواسطة ما يسهل رسم قطعة الأرض المذكورة
 ولنشرح كيفية رسم شكل بالبوصلة بكل من الطرق الثلاث فنقول

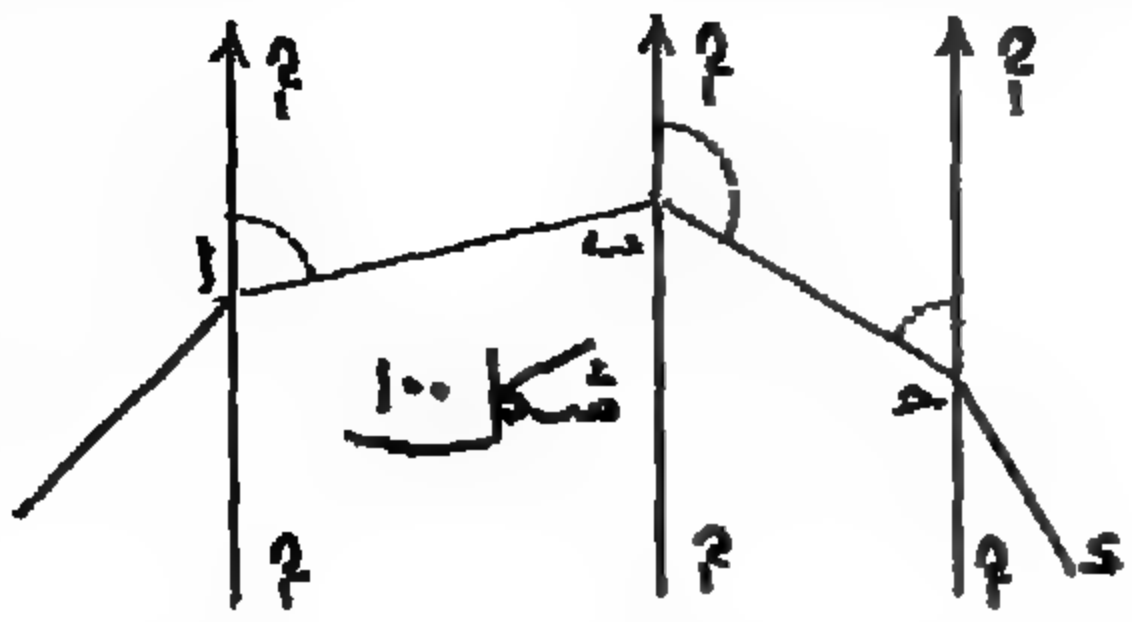
ب ١٠٣ - أولا طريقة اللف والدوران - اذا اريد رسم شكل ا ب ج د ه و
 (شكل ١٠١) يعمل الكروكي ودفتر البيان وصورته هكذا

ملحوظات	اطوال الاضلاع	زوايا			اتجاهات مربوطة	اوضاع
		بين الاضلاع وبعضها	قطب جنوبي	قطب شمالي		
	١٢٠, ٦٠	٥٩ ٤٥	٢٠٠ ٣٠	٢٠ ٣٠	ا ب	١
	١٥٧, ٤٠	٤٤ ٢٥	٢٦٠ ١٥	٨٠ ١٥	ب ج	٢
	١٤٨, ٧٥	٦٠ ١٠	٣٢٠ ٢٠	١٤٠ ٢٠	ج د	٣
	١٢٣, ٤٠	٦٩ ٣٠	٢٠ ٣٠	٢٠٠ ٣٠	د ه	٤
	الخ		٩٠ ٠٠	٢٧٠ ٠٠	ه و	٥

ثم يتبدأ بوضع البوصلة على الراسي المقام من نقطة ا موفية لشروطها كما سبق ويكتب

في الصف الاول تحت لقطه أو ضاع حرف يدل على النقطة أو عمرة تدل عليها ثم تحرر نظارة
البوصلة (مع جعلها دائماً على عين الراصد) على نقطة ب وقرأ الزاوية التي بينها كل
من سنى الابرّة على الحافة المقسمة ويكتب ما يقابل للسن الأزرق في الصف الثاني وما
يقابل للسن الأبيض في الصف الثالث (ويلاحظ ان فرق هاتين الزاويتين يكون قائمتين
دائماً وان كان هنالك فرق يقتضي تصحيحه ومعرفة) وبعد ذلك يقاس البعد a ب
ويكتب بين السطرين معلومية أنه هو البعد بين النقطة التي دلالاتها في السطر الاعلى
والنقطة التي دلالاتها في السطر الاسفل منه ويكتب بجانبه الملاحظات الدلالات الكافية
لمعلومية النقطة أو يعمل كروكي صغير يبين به وضعها بنسبة النقط المجاورة لها ثم بعد ذلك
تنقل البوصلة وتوضع على الراسى المقام من ب موفية لشروطها كما سبق ويكتب بالدفتر
في الصف الاول عمرة أو حرف يدل على النقطة ثم توجه النظارة رجوعاً على نقطة a للتحقيق
وتقرأ الزوايا على كل من سنى الابرّة فكما تقدم يلزم ان تكون قراءة السن الشمالى هي عين
قراءة الجنوبى في الوضع الاول والعكس بالعكس ومتى تحقق ذلك فتوجه النظارة على نقطة
ح ثم تكتب الزوايا التي بينها كل من سنى الابرّة في الصف الثاني والثالث وبعد ذلك
يلاحظ ان الزاوية الواقعة بين الاتجاهين هي فرق قراءتى السن الأزرق والأبيض على
كل من الاتجاهين بمعنى ان تطرح الزاوية الكبرى من الصغرى والناتج يكون هو مقدار
الزاوية الواقعة بين الاتجاهين (ويسهل تحقيق ذلك بالكروكي) فيكتب هذا الفرق بين
السطرين في الصف الرابع ثم يقاس البعد b ويكتب بالصف الخامس وتكتب
الملاحظات الدالة على نقطة ب ويستمر العمل هكذا بنقل البوصلة من وضع الى آخر
واجراء العملية المتقدمة بكل وضع الى ان ينتهى الشكل
وتتحقق هذه العملية انه اذا كان الشكل محددًا يلزم ان يكون مجموع زواياه الداخلة
مساوياً قوياً ثم بقدر عدد أضلاعه الاضلعين مضروباً بالباقي في قائمتين
بعضاً - متى كان المهندس متعوداً على أشغال البوصلة بحيث لا يخطئ في قراءة
الزوايا فيبدل وقوفه في كل من رؤس الشكل يأخذ نقطة ويترك أخرى مع أخذه في كل
نقطة يقف فيها نظرتين احدها مرجعية للنقطة الخلفية والاخرى اعتيادية للنقطة
المتقدمة ويلاحظ أنه بالنسبة لتوازي الاتجاه المغناطيسى يكون مقدار نظرة النقطة

التي ترسبت مكتملا للمقدار الحادث لها من النقطة التي بعدها مشلا لرسم شكل



أ ب ح د هـ و (شكل ١٠٠) توضع
الآلة ابتداء على الرأسى المقام من أ
وتوجه النظارة نحو ب وتقرأ زاوية
الانحراف د أ ب ثم تنقل الآلة دفعة

واحدة إلى نقطة ح وتوجه النظارة على نقطة ب لتحصل زاوية ح ب أ التي
تكون مكتملة لزاوية د ب ح وفي مثل هذه الحالة تؤخذ تطرئان في كل وضع
أحدهما خلفية وهي التي تقدم ذكرها والثانية أمامية يجعل النظارة على اتجاه
ح د لقراءة زاوية د ح د وبذا يسهل العمل بالبوصله مع عمل الكروكي ودقتر
صورته هكذا

ملحوظات	الزوايا التي بين الاضلاع	الانحرافات بالبوصله		اضلاع		أوضاع وهي رؤس الشكل
		سن جنوبي	سن شمالي	أطوال	دالات	
	٥ ٦٦ ٣٩	٥ ٢٠ ٣٧	٥ ٢١٠ ٣٧	٤٩	أ و	أ
		٩٧ ١٦	٢٧٧ ١٦	٤٣,٥٠	أ ب	
	١٥٤ ٣٦	..	..	..	..	ب
	٣٢ ١٥	٢٥١ ٥٢	٧١ ٥٢	٧٨,٢٥	ب ح	ح
		٢٨٤ ٠٧	١٠٤ ٠٧	٣١,٧٠	ح د	
	١١٩ ٣٨	..	..	..	..	د
	٢٥٤ ١٣	٤٣ ٤٥	٢٢٣ ٤٥	٣٧,٠٠	د هـ	هـ
		٢٩٧ ٥٨	١١٧ ٥٨	٤٨,٣٠	هـ و	
الزوايا الداخلة للشكل	٩٢ ٣٩	التحقيق				
٧٢٠ = ١٨٠ × ٤ = ٧٢٠	..					

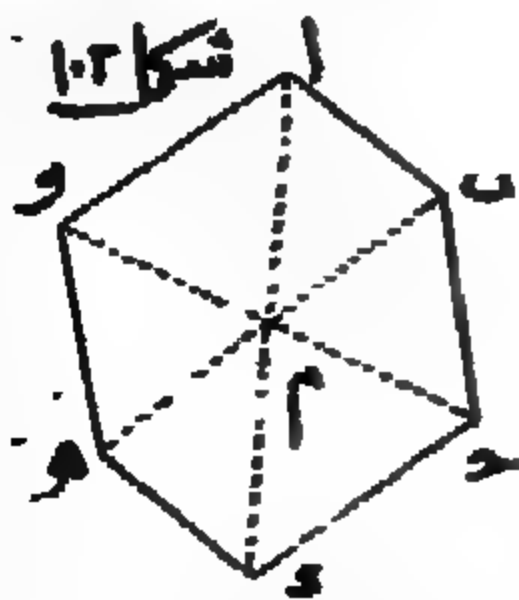
ب.٥.د - ثانيا طريقة التقاطع - لرسم شكل مثل أ ب ح د هـ مكشوف من

الداخل (شكل ١٠١) غير ممكن جوبه يقاس أحد أضلاعه أب مثلاً قياساً مضبوطاً
ثم يرسم الدائرة الآتية

ملاحظات	زوايا انحراف		نقط مرصوده	أوليات
	قطب جنوبي	قطب شمالي		
شكل ١٠١	٢١٥ ١٠	٣٥ ١٠	ب	أ
	٢٥٠ ١٥	٧٠ ١٥	ج	
	٣١٠ ٠٠	١٣٠ ٠٠	د	
	٣٥٥ ٢٠	١٧٥ ٢٠	هـ	
	٣٥ ١٠	٢١٥ ١٠	أ	ب
	٨٠ ٢٠	٢٦٠ ٢٠	هـ	
	١٣٥ ١٠	٣١٥ ١٠	د	
	٢٠٥ ٠٠	٢٥ ٠٠	ج	

طول القاعدة أ ب = ٧٠ و ٢٣٥ متر

ثم توضع الآلة في نقطة أ موفية لشروطها والتظار جهة اليمين ثم توجه على كل من
النقط ب، ج، د، هـ وتقرأ الانحرافات وتقيس بالدائرة مع تسمية النقطة في الصف
الثاني وتقيس انحرافها بالصف الثالث والرابع وكذا الملاحظات الدالة عليها في الصف
الاخير ثم تنقل الآلة من نقطة أ وتوضع في نقطة ب موفية لشروطها والتظار نحو
اليمين وتوجه التظار بالتوالي على رؤس الشكل وعند توجيهها على كل نقطة يكتب اسمها
بالصف الثاني وانحرافها بالصف الثالث والرابع مع بيان ملحوظاتها في الصف الاخير
وعند انتهاء الشكل يجرح خطان يكتب بينهما طول القاعدة وبعد ذلك تكتب غرة شكل
آخر اذا أريد عمله



بشكل - ثالثاً طريقة الثبات - لرسم شكل أ ب ج د هـ و
مكشوف من الداخل يمكن جوبه تختب نقطة داخله مثل م
بحيث تكشف رؤس الشكل جميعها (شكل ١٠٢) ومنها يمكن

اجراء القياس لسكل من الرؤس المذكورة ثم يرسم الدقتر الاتي

الارتفاع	نقط مرصوده	زوايا الانحراف		ابعاد	ملحوظات
		قطب شمالي	قطب جنوبي		
	ا	٢٠ ٥	٢٠ ١٨٥	٤٠ ٢٢٠	
	ب	٥٥ ٦٥	٥٥ ٢٤٥	٦٠ ٢١٨	
م	ج	١٥ ١٤٥	١٥ ٣٢٥	٤٠ ١٩٨	
	د	١٥ ١٩٥	١٥ ١٥	٢٠ ٢٤٣	
	هـ	٥٥ ٢٤٥	٥٥ ٦٥	٣٠ ٢١٢	
	و	٥٥ ٣٠٥	٥٥ ١٢٥	٩٠ ١٧٨	

ثم توضع البوصلة في نقطة م موفية لشروطها والنظارة نحو اليمين ويضرب توجيهها على كل من رؤس الشكل وعند رؤية كل نقطة يقرأ انحرافها على كل من سنى الابرة ويكتب بالدقتر بالصف الثاني ثمة النقطة وبالصف الثالث والرابع انحرافها وبالصف الخامس بعدها عن نقطة الوضع وبمخانة الملحوظات تكتب الملحوظات الدالة على هذه النقطة

(كيفية رسم الخريطة التي عملت بالبوصلة)

١٠٧ - متى انتهت الاعمال على الارض أعني متى تجتمعت بالطرق المتقدمة العناصر الزاوية والابعاد الرسمية التي تربط النقاط ببعضها الميق الاوضع النتائج على فرخ من ورق كما هو المقصود من هذا الفن ولذلك يقال

الزوايا معلوم تقديرها بالدرج و كسور مفتي رسم أحد أضلاع الزاوية على ورقة الرسم يستعمل لرسم الاضلاع الاخر الرق ولكن بما ان هذه الطريقة يكون بها خطأ وزيادة عمل في معرفة مقدار زاوية الشعاعين فالاحسن حينئذ اجراء الرسم كما سيأتي

بان يتبدأ برسم مربعات على الورق تكون متكونة من خطوط رفيعة تعتبر جملة منها موازية للاتجاه المغناطيسي والجملة الاخرى عمودية عليه بحيث يكون كل ضلع من أضلاع المربعات المذكورة من ٠.٥ متر الى ١.٠ متر

وبما أن خطأ المربعات يكون سببا جسيما في خطأ الرسم خصوصا عند رسم الاشكال

التي عملت بطريقة الف والدوران فيلزم ضبط تعامد أضلاع المربعات مع ضبط توازي كل جملة منها ولذلك يرسم خطان متعامدان يستعملان محاور لرسم المربعات المذكورة بحيث لا يستعمل في رسمها خلاف المسطرة والمثلث باستعمال الدوران من الرأيتين الآتين لتعادل خطهما ويكون ذلك بالاحتراس الزائد ولا يستعمل البرجل ولا السيكار ذو المسطرة لاقامة هذه الأعمدة المستطيلة حيث ان استعمالهما يؤدي الى عدم ضبط كاف بسبب لين أفرعهما وخرقهما الورق بغير تساوي بواسطة سنهما

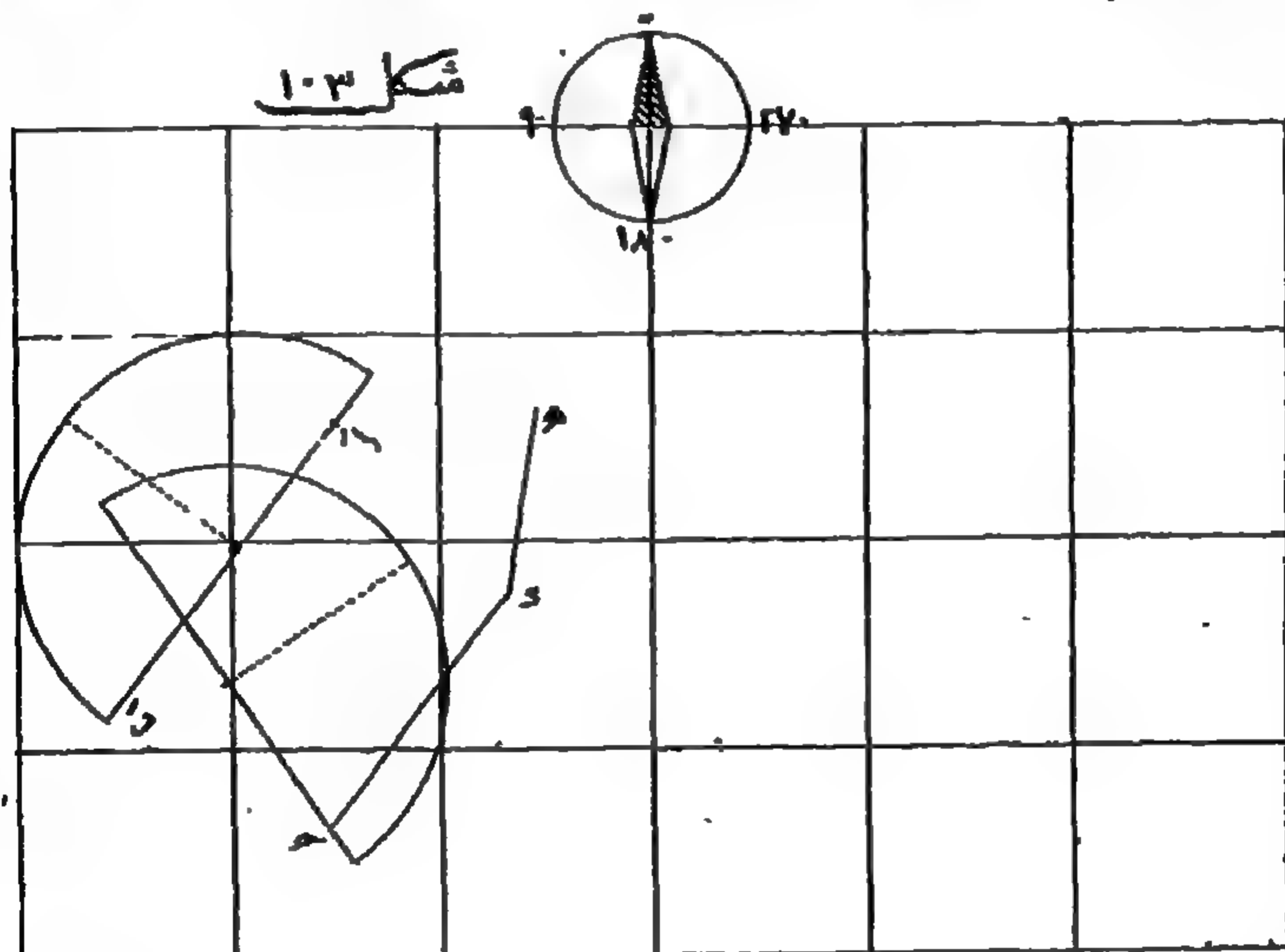
وبعد رسم خطوط المحاور تعلم نقطة متباعدة عن بعضها بقدر ٥٠٠ متر أو ١٠٠ متر بحيث تؤخذ التقاسيم المذكورة بواسطة دو بلديسمتر مضبوط أو متر محقق حينما يكون فرخ الورق ذا أبعاد كبيرة ولا تستعمل فتحة بالبرجل وتكرر لان ذلك ينتج خطأ

وبهذه الكيفية يتحدد كل من الموازيات بثلاث نقط يلزم وجودها على خط مستقيم واحد وهذه العملية تعمل دفعة واحدة بقلم الجدول أو بالقلم الرصاص الناشف المبرى برياً رقيقاً جدياً ثم ترسم أضلاع الشكل الذي يراد رسمه باخذ الانحرافات الأولى والتحقيق بالانحرافات الرجعية كما سيأتي

بشكل ١٠٨ - نفرض للتمرين أن المقصود رسم الشكل الذي عمل بالف والدوران (بشكل ١٠٨) تؤخذ نقطة البداية أ على ورقة الرسم بحيث يلاحظ عدم خروج الرسم عن الورقة المذكورة وبما أن طافة البوصلة مقسمة من الشمال نحو الشرق الى الجنوب نحو الغرب فيدوران العلبة فأخذ الزوايا في الازدياد مع تحرير النظارة من الشمال نحو الغرب الى الجنوب نحو الشرق فلمعلومية اتجاه الدرج اللازم أخذ الانحرافات ترسم دائرة على أحد اتجاهات الزوال المغناطيسي وتتركها هوميين (بشكل ١٠٣) لمعلومية اتجاه ازدياد مقادير الزوايا واعتبارها المراجعة عند أخذ مقدار أية زاوية

ثم لرسم اتجاه ضلع أ ب يقال بما أن انحرافه عن الشمال هو ٣٠° يرسم من نقطة أ خط يصنع مع الشمال المغناطيسي زاوية قدرها ٣٠° نحو الغرب ويحصل ذلك بوضع مركز الرق مع قسم الحافة الذي غره ٣٠° على الاتجاه المغناطيسي بحيث

يكون تحديق الرق نحو الشرق ثم يزلق الرق مع جعل هذا النصف قطره منطبقا على الخط الجانبي المغناطيسي الى أن يمر حرفه بنقطة α فيجر عليه بالقلم الرصاص خط مثل $\alpha\beta$ يكون هو نظير خط $\alpha\beta$ (حيث ان حرف الرق - وازلقطر 0° و 180°) مع ملاحظة أنه اذا كان الرق مقسما من الطرفين يؤخذ منها الاقسام المبتدأة من جهة اليسار ثم يؤخذ على خط $\alpha\beta$ بعد يساوي $120, 60$ مترا محولا للمقياس فتحدث نقطة β نظيرة نقطة β وبمثل ذلك يتعين كل من الاضلاع $\beta\gamma$ و $\gamma\delta$ وبسهولة توجد نقطتا γ و δ ثم لرسم اتجاه $\delta\epsilon$ الذي انحرافه $30^\circ 20'$ يدور الرق بحيث يكون تحديده نحو



الغرب ثم يجعل مركزه ونقطة $30^\circ 20'$ على اتجاه الخط المغناطيسي ثم يصير انزلاقه أعلى وأسفل بانطباق النصف قطر المذكور على اتجاه الخط المغناطيسي الى أن يمر حرفه بنقطة δ فيعلم على حرفه بخط يكون هو اتجاه $\delta\epsilon$

بمعنى أن تؤخذ الزاوية التي تقرأ على السن الشمالي وي طرح منها 180° ثم يوضع مركز الرق ونقطة الدرج الباقى على اتجاه الخط المغناطيسي بحيث يكون الدرج نحو الجنوب وهلم جرا

وأما الاتجاهات العمودية فتستعمل لرسم الانحرافات التي تكون مقاربة للصفر أو 180° حيث أنه في مثل هذه الحالة يمكن أن يتركز الرق على اتجاه الخط المغناطيسي لا يمر حرقه بالنقطة المعلومة ففي مثل ذلك تستعمل الخطوط العمودية على اتجاه الزوال المغناطيسي وحيث أن الزوايا كانت تؤخذ بالابتداء من الشمال نحو الغرب على اتجاه الزوال المغناطيسي فحينئذ إذا اعتبر مبدأ قياسها من الغرب بطرح من مقدارها 90° وتؤخذ الزاوية الباقية باعتباراً حداً للعمدة كاعتبار الزوال المغناطيسي واعتبار جهة الغرب كاعتبار اتجاه الشمال في الطريقة السابقة وحينئذ تكون الزاوية أقل من 90° يضاف عليها 90° وتؤخذ بالابتداء من الشرق وقس على ذلك

بـ ١٠٩ - تنبيه - الشكل الذي رسم كان منقولاً من الأرض بطريقة الأف والدوران ومن مشاهدته أعماله يتضح بسهولة رسم الأشكال التي نقلت من الأرض بالتقاطع أو بالنبات إلا أنه في طريقة التقاطع يلزم أن يبدأ بتحديد القاعدة وعند رسم اتجاه إحدى النقاط من إحدى نهايتي القاعدة يرسم الاتجاه الثاني من النهاية الثانية لتحديد موضع النقطة وإن كان التقاطع من ثلاثة أوضاع يجب تحديد الاتجاه الثالث لضبط محل النقطة وهو الأحسن أما عند استعمال طريقة النبات فيقطع على كل انحراف بعده من أول الأمر للوصول على النقطة ووضع غرة أو علامة عليها

(ملحوظات)

بـ ١١٠ - أولاً - قد جعلنا بالدفتر غرة خصوصية توضع بها مقادير الزوايا الواقعة بين الأشعة وبعضها للتسهيل على من لم يكن متعوداً على رسم المربعات بالضبط وبذلك يرسم الشكل بعملية مشابهة لرسم الأشكال المنقولة بالبنطومتر أو بالجرافومتر ثانياً - يمكن للرسم أن يرسم على ورقة الرسم خطأ واحد أي يكون هو اتجاه الزوال المغناطيسي ثم من نقطة الوضع المفروضة يرسم خط مواز له بالاعتناء الزائد وعلى هذا الخط تؤخذ زوايا الانحراف بتطبيق نصف قطر الرق المار بصفر الدرج على هذا الاتجاه ويعلم على نهاية درج الزاوية بملاحظة أن الزوايا التي تكون أقل من 180° على السن

الشمالي للابرة يكون تحديق الرق جهة الغرب وصفر الدرج نحو الشمال وان التي تكون أكبر من 180° يطرح منها قائمتان ويؤخذ الباقي بالرق كما سبق بحيث يكون صفرة نحو الجنوب وتحديق به نحو الشرق ثم عند إيجاد نقطة وضع أخرى يرسم منها خط مواز للزوال المغناطيسي وبهذه النقطة يجري العمل كما سلف ويلاحظ تبين جهة الشمال بسهم لعدم السهو

ثالثا - تقاسيم الرق تكون مضبوطة وقطره المار بصفر و 180° يكون موازيا لحرفه الذي تجر عليه الخطوط للحصول على رسم مضبوط

وحيث ان تقاسيم الرق تجري عاقلات مضبوطة فلم يبق علينا الا تحقيق كون حرفه موازيا للقطر المار بصفر الدرج ولذلك يرسم خطان متعامدان بالضبط مثل اب و ج ثم يوضع مركز الرق على ج مع تطبيق حرفه على خط اب فان كان نصف القطر

المار بدرجة q منطبقا على ج (شكل ١٠٤) يكون الرق شكل ١٠٤
محققا وبخلاف ذلك يكون به خطأ يجب معلومية مقداره

واتجاهه ويكون مساويا لفرق القراءة المنطبقة على ج من q ومتى كانت الزاوية المنطبقة على ج أقل من q كان ميل حرف الرق نحو الصفرة بقدر الفرق وبالعكس اي متى كانت الزاوية المنطبقة على ج أكبر من q كان ميل حرف الرق نحو 180° بقدر الفرق

وباجراء الرسم بالطريقة المبينة (في بند ١٠٨) أي يجعل صفر الرق في جهة واحدة نحو مبدا الزوايا دائما فان خطاه لا يؤثر على مفردات الرسم بل ينشأ عنه فقط انحراف عمومي للزوال المغناطيسي بقدر زاوية ميل حرف الرق على القطر المار بصفر و 180° لان زاوية هذا الخطا ما أن تكون مطروحة أو مضافة لكافة الزوايا وبذلك تكون الزوايا الواقعة بين اضلاع الشكل حقيقية دائما أما ان جعل صفر الرق تارة في جهة وتارة في أخرى فيحصل خطأ حيث ان زاوية الخطا تكون تارة مطروحة من احدى الزوايا وتارة مضافة لآخرى وبذلك تكون الزوايا الواقعة بين الاضلاع غير حقيقية

(تحقيق اللف والدوران وخطا قفل الشكل)

بـ ١١١ د - متى رسمت خريطة منقولة بالوضلة بطريقة اللف والدوران يلاحظ دائماً اتصال الرسم بنقطة مبدئه لكن عدم الضبط الذي لا يمكن تجنبه في الرسم على الورق وفي النقل من الارض ينتج منه عدم قفل الشكل بالضبط بحكمة مثل ١١



(شكل ١٠٥) مقادارها يتغير وأحياناً يوجد في الرسم عدة خطاات كبيرة يمكن ان تعادل بحيث يقفل الشكل أو يبقى خطأ مقبول وحينئذ يلزم دائماً إعادة رسم الشكل مرة ثانية بالانحرافات التي قرأت على السن الجنوبي ثم مرة ثالثة

بالانحرافات الرجعية ومتى تحقق انه لا يوجد خطأ في الشكل أو كان به خطأ مقبول فيصلح قوله كما في (بـ ٧٢ د) وان وجد بعد اجراء التحقيقات المتقدمة أن به خطأ غير مقبول فتعاد العملية على الارض بدون ان ينظر العامل الدفتر الاصل والاحسن إعادة العملية به امل آخر حيث يتأتى ان العامل الاول يكرر الخطأ بعينه في العمليتين ويلزم العامل الثاني أن يتنبه لمعرفة ان كان الخطأ في الزوايا أو في الاضلاع فان وجد أن أحد أضلاع الشكل مواز لخط ١١ فيقيس طول وانحراف الضلع المذكور مرة أو مرتين أو أكثر على الارض اذ ربما كان الخطأ به وأيضاً اذا وجدت أضلاع عمودية على ١١ فيجرب تحقيق طولها وانحرافها على الارض وعلى الورق أيضاً

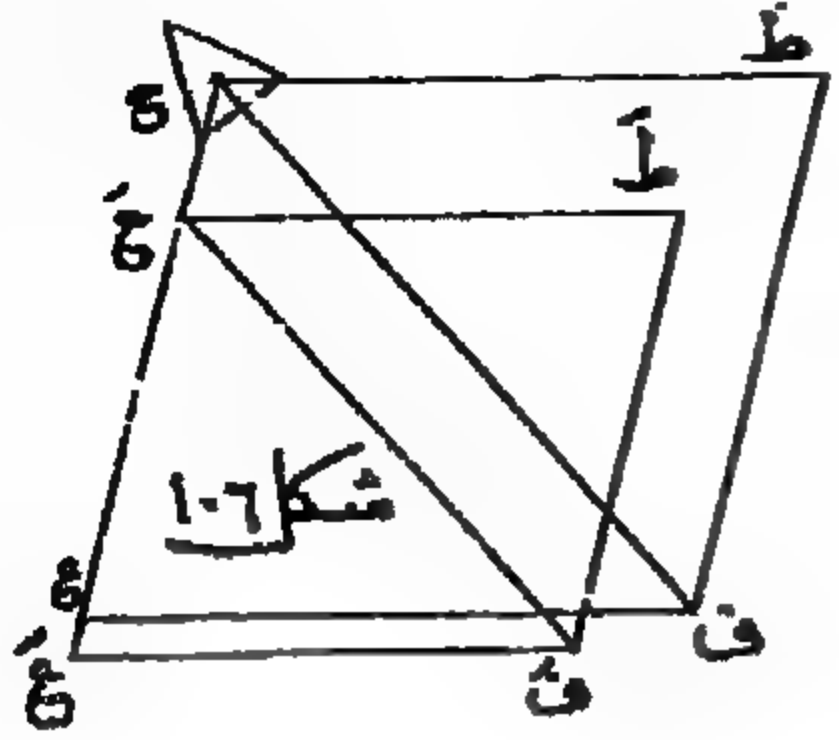
ومتى تحقق انقصال الشكل فيلاحظ ان خطأ اللف والدوران لا يزيد عن ٠.٠٠١ ر. في شكل يكون عدد أضلاعه نحو عشرين ضلعاً بحيث يكون الطول الرسمي لكل منها من ٠.٠٤ متر الى ٠.٠٥ متر

وللوصول الى هذه النتيجة يلزم أخذ انحرافات خطوط توصل زوايا غير متجاورة من الشكل وتقاس أطوال هذه الانحرافات ان أمكن

(كيفية ربط الرسم بنقطة من خريطة مثلية)

بـ ١١٢ د - أحياناً تكون مبدأ الاعمال نقطة شهيرة مأخوذة بخريطة مثلية ووضعها يكون معيناً على الخريطة بعمليات مثلية لكن هذه النقطة لا يمكن وضع الآلة فيها

كرأس منارة مثلاً فلا يربطها مع الشكل الذي يرسم باللف والدوران تؤخذ النقط
ع، ف، ط (شكل ١٠٦) القريبة منها ثم تقرأ الانحرافات ع، ف، ط ع وبها



يمكن ربط الشكل ع ف ط بالنقطة ع المعلومة على الخريطة
ولذلك يرسم أولاً من النقطة ع الانحراف الرجعي لخط
ع ع وعلى الاتجاه الناتج تنتخب نقطة اختيارية مثل ع
تفرض مؤقتاً أنها هي النقطة ع ثم يرسم ع ف، ف ع
و ف ط، ط ع بالانحرافات التي رصدت للاتجاهات
ع ف، ف ع، ط ف، ط ع فالاتجاهات الثلاث

ع ع، ف ع، و ف ع، ط ع يلزم ان تقاطع في نقطة واحدة كنقطة ع تكون
هي الوضع النسبي للنقطة ع وحينئذ يؤخذ الطول ع ع بالابتداء من نقطة ع
الى ع فنقطة ع تكون هي الوضع الحقيقي المطلوب ونستعمل كوضع أولى للرسم
باللف والدوران

(الشروط التي يلزم ان تستوفى بخريطة البوصلة)

بالمادة - للحصول على خريطة مضبوطة بالبوصلة يلزم استيفاء الشروط الآتية
أولاً - ان أضلاع اللف والدوران يلزم ان لا يتعدى طولها على الرسم ٠.٧ متر ولا يقل
عن ٠.٢٥ متر مهما كان المقياس

ثانياً - يلزم ترتيب الاعمال بحيث ان عدد أضلاع كل شكل لا يتعدى العشرين ضلعاً
ويكون الشكل مقفلاً وان مجموع أضلاع الشكل في الرسم يكون محضاً بين ٠.٨ متر
و ١.٠ متر

ثالثاً - يلزم قراءة انحراف كل ضلع مع قراءة المحراف الرجعي ويصير تعديل الخطات
الناتجة من الآلة مباشرة وقت العمل

ومنى لوحظت هذه الاحتراسات فلا يحصل خطأ في القفل أزيد من ٠.٠١ متر على شكل
مجموع أطوال أضلاعه الرسمية ١.٠ متر وهو خطأ مهم

المبحث الحادي عشر

في البلا نشيطة

بـ ١١٤ الد - البلا نشيطة هي إحدى الآلات المهمة المعدة لرسم خريطة طبوغرافية بسهولة جدا والرسم الذي يعمل بها يكون مضبوطا و يتحقق عند العمل مباشرة وهي تتركب من تحتة تثبت عليها ورقة الرسم تكون مستوية على قدر الامكان وهي ركة من عدة ألواح من خشب معتدل الالياف مرتبطة مع بعضها بالتعشيق ومثبتة بالغراء لاجل ان لا تحنى من تتابع تأثير الحرارة والبرودة عليها وهذه التختة تكون مربعة أو مستطيلة وطولها من ٥٠ متر الى ٦٠ متر أو ٨٠ متر وعرضها من ٤٠ متر الى ٥٠ متر أو ٦٠ متر ويكون لها سمك كاف في تحملها التأثيرات المختلفة

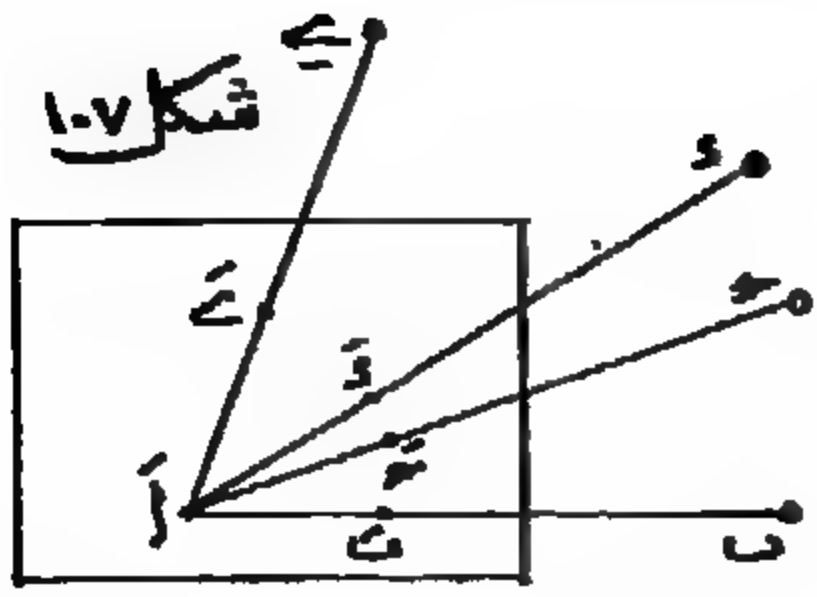
وتحمل التختة على رجل ذات ثلاث شعب كل منها مركب من فرعين ومنتهية بحربة من أسفل لسهولة غرسها في الارض ثم ان الشعب الثلاث تجتمع من أعلى بما يسمى بالركبة وهذه الركبة على أنواع مختلفة بحيث انما تعطى للوح حركة ميلان في جميع الجهات وحركة دوران حول مركزه وأحيانا حركة انزلاق بالتوازي لنفسه وتصب التختة بعضادة للتحريك ورسم الاتجاهات * ثم ان البلا نشيطة توضع في نقطة الوضع موقاة لثلاثة شروط مهمة وهي

أولا - ان تكون التختة أفقية لان الرسم المقتضى عمله يكون هو المسقط الأفقي للارض بقياس محدود

ثانيا - مسامتة أعنى أن نقطة الوضع على التختة وتطيرتها على الارض يكونان على خط رأسي

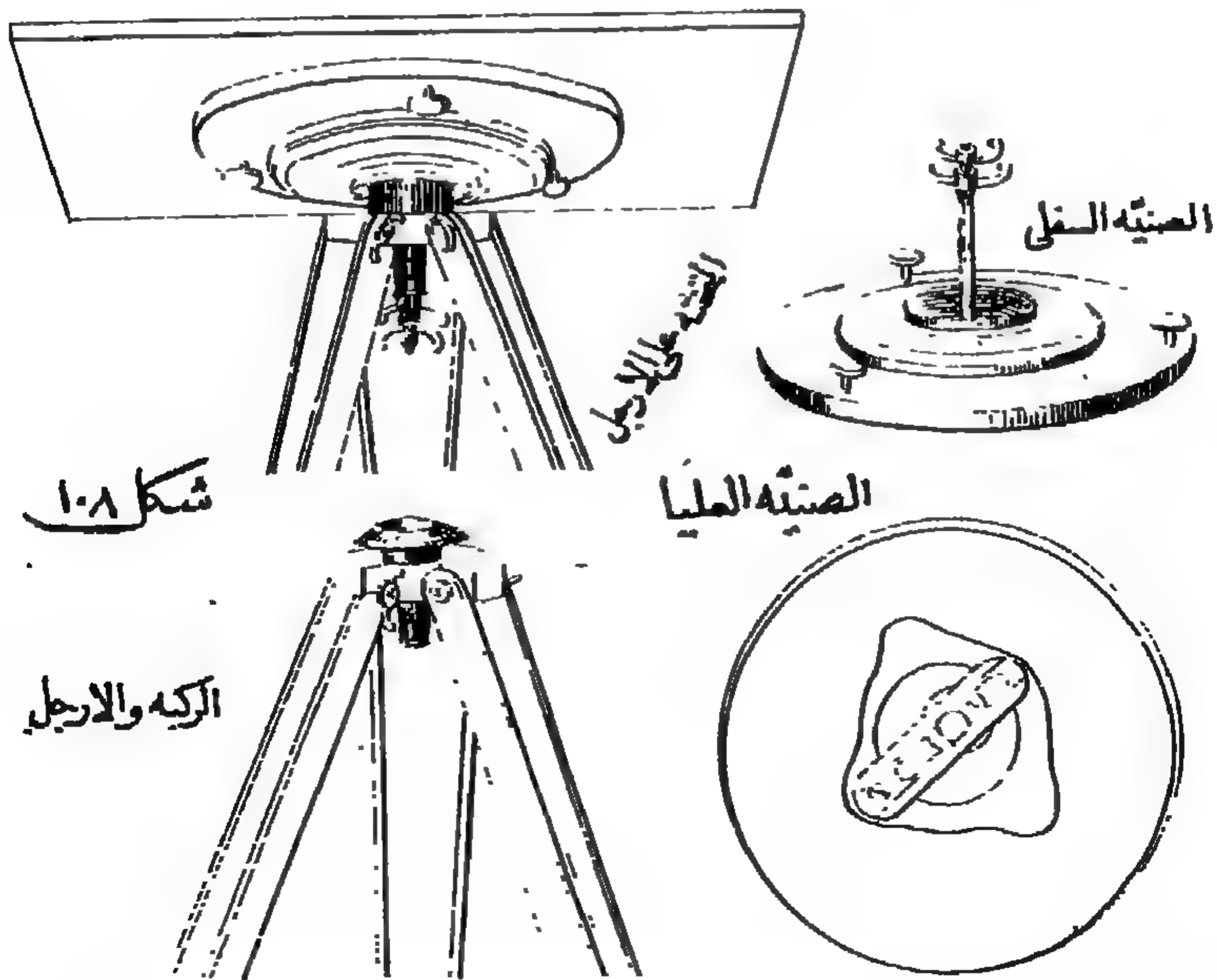
ثالثا - يلزم أن تكون البلا نشيطة محروفة بمعنى ان كل خط من البلا نشيطة مارا بنقطة الوضع يكون في المستوى الرأسي المار بتطيره على الارض

ومنى كانت البلا نشيطة في نقطة الوضع مستوفية للشروط الثلاثة المذكورة فانه اذا اتجهت الاشعة البصرية بالتعاقب على الشواخص حوز الخ (شكل ١٠٧) المغروسة رأسيا بدوران العضادة حول النقطة المعلة بآلة رأسية مثلاً يستمد عليها دائماً حرف المسطرة فان الخطوط α و β الخ المرسومة بطول حرف المسطرة تكون هي



المساقط الأفقية للخطوط الأرضية $أ ب$ و $أ د$ الخ
وحيث قد ترسم الزوايا $ب أ ح$ و $ح أ د$ محولة للأفق
بدون معلومية مقاديرها الرقمية وبدون مساعدة
الرق أو أى طريقة أخرى رسمية وهذا هو المقصود
من الرسم بالبلاشيطة

ولنوضح الكيفيات المختارة لتركيبة البلاشيطة للحصول على هذه النتيجة
بشكل ١٠٨ - البلاشيطة ذات الطربوش الكروي - هي أحسن التركيبات وأبسطها
وأمتنها وصورتها مبينة في (شكل ١٠٨) وتتكون من رجل ذات ثلاث شعب وتحمل
اللوحة بواسطة صنتين غير متساويتى الأبعاد والصنية السفلى $ح$ وهى الصغيرة مقوّرة من
جزئها السفلى بتقوير كروي ترتكز على جزء كروي من النحاس الأصفر يحمل مباشرة
على رأس الرجل بواسطة مخروط ناقص مجوف قاعدته الكبرى أعلى وبالصنية السفلى
ساق يتقد داخل هذا المخروط وينتهى به إمالة متى ربطت ضمت الجزأين الكرويين
وبالعكس متى فتحت تكون التقوير العلياً حركة الحركة على الجزء الكروي



وهذا

وهذا التركيب يعطى الركبة أو اللوح حركة ميلان متى فتحت صامولة الساق المثبت
في مركز الصنية نافذا من فتحة الجزء الخامس ورأس الرجل

والصنية الكبرى العليا تكون ثابتة مع التختة بواسطة برم عادية وتربط هذه الصنية مع
الصنية السفلى بمسمارين يضمنان قطعتين من الخامس على دائرة الجزء العلوى من الصنية
السفلى بحيث متى ربطتا تربط الصنيتان ببعضهما ومتى فك المسماران يمكن تحريك اللوح
حركة دورانية حول ساق رأسي ظاهر من مركز الصنية السفلى ويدخل في ثقب مصنوع
في الصنية العليا وهذا التركيب يسهل وضع البلا نشيطة في نقطة الوضع

بـ ١١٦ الد - وضع البلا نشيطة في نقطة الوضع - أول شيء يقتضى عمله هو التحقق من ان
الجزأين الكرويين المحركين للركبة يكونان ساترين بعضا بالضبط وتكون الصامولة
مربوطة ربطا محكما

ومتى علم ذلك تحمل البلا نشيطة وتوضع فوق النقطة الارضية المعتبرة نقطة وضع ثم
بواسطة أرجلها توفى شروطها الثلاثة المتقدمة بالنظر تقريرا ثم تصلح بالطريقة الآتية
أولا - تسامت البلا نشيطة - قبل تقيم التسامت تحرف البلا نشيطة بالنظر ثم تربط
صامولة الساق المركزى ويقف الراصد بحيث يكون الخط الواصل من عينه للابرة
المغروسة رأسيًا في نقطة الوضع البلا نشيطة موازيا لاضلاع التختة ثم يجعل مستويا
مارا بأحدى عينيهِ ويخيط الشاقول وبالابرة (أى يكون الخيط ساترا للابرة ول محور الوتد)
وذلك بصريين البلا نشيطة يميناً ويساراً مع ملاحظة الانحراف بالنظر

وبعد ذلك ينتقل الراصد في وضع بحيث يكون المستوى الرأسى الذى يمر بعينه ويخيط
الشاقول وبالابرة عموديا على المستوى الاول أى موازيا للضلع الثانى من التختة ويجرى
العمل المتقدم مع ملاحظة الانحراف النظرى في كل لحظة ثم يتحقق ثانياً من المستوى
الاول وهكذا حتى تصير النقطتان في كل من المستويين الرأسين المتعامدين وحينئذ
تكونان على خط واحد رأسي

وأحيانا يستعمل للتسامت ماشة من الصلب أو من النحاس طرفاهما متساويان أسفلهما

به خطاف يعلق به خيط الشاقول وكيفية اجراء التسامت أن تفتح شعبتا الماشة وتدخل
التخته بينهما من أقرب بعد الدبرة الى أن يكون طرف الشعبة العليا الماشة مماسا للدبرة
نخيط الشاقول يحدد الخط الرأسى المار بالدبرة وحينئذ تحرك البلا نشيطة بواسطة
أرجلها مع ملاحظة الانحراف الى أن يمر خيط الشاقول بمحور الوتد ويلاحظ أن هذه

العملية يستحيل اجراءها متى كانت النقطة البلا نشيطة قريبة من مركز التخته

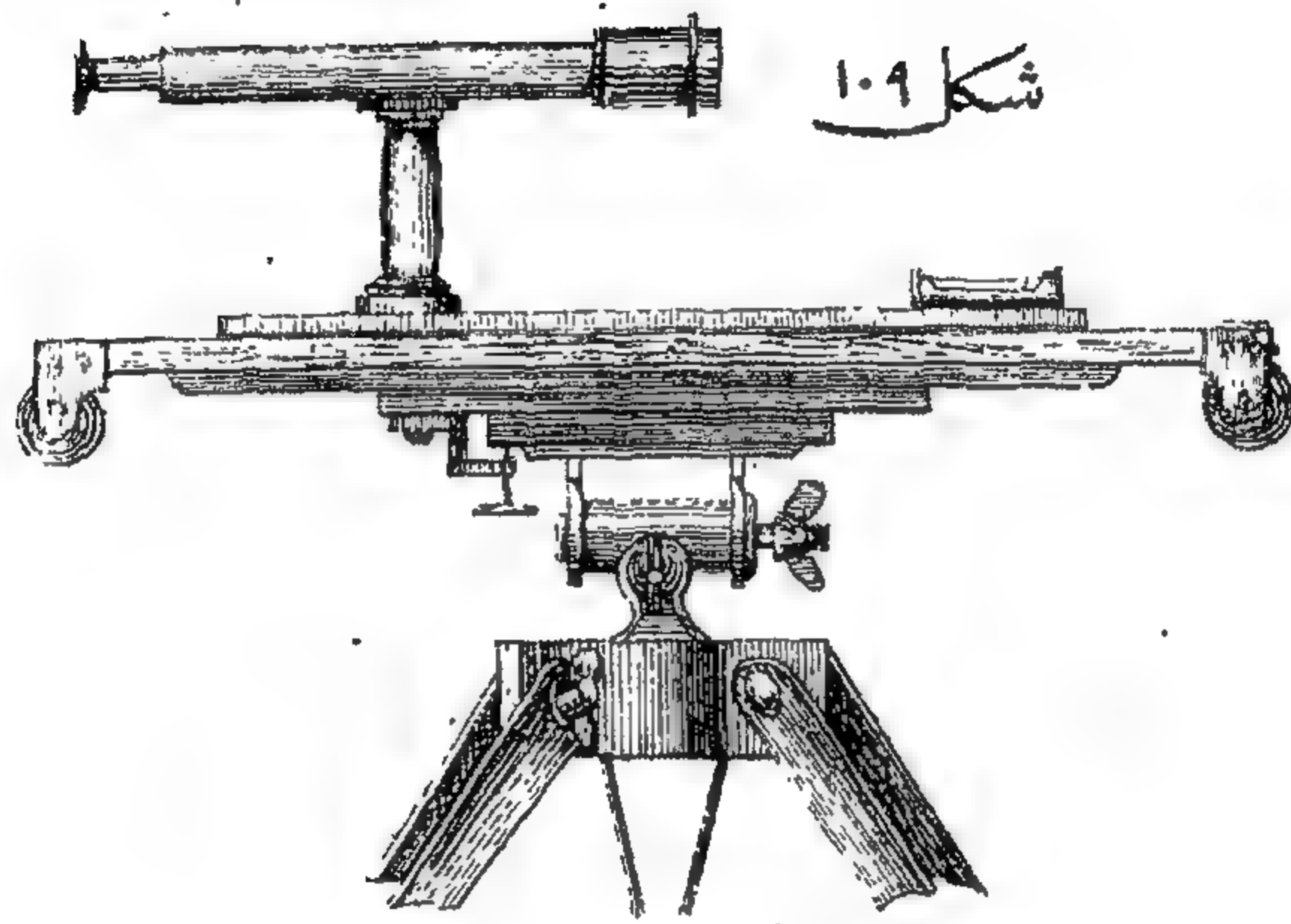
ثانيا - وضع البلا نشيطة أفقية - لذلك تقل الصامولة السفلى التي تعطى للركبة
حركة الميلان ثم توضع روح التسوية موازية لاحد أحرف التخته قريبة من وسطها
وبواسطة الضغط على التخته من الجهة المرتفعة فيها فقيعة روح التسوية تجعل الفقيعة
في الوسط ثم توضع روح التسوية في اتجاه عودى على الأول وبالكيفية المتقدمة تجعل
الفقيعة في الوسط وتكرر العملية مرارا الى أن تصبح الفقيعة في الوسط في وضعين متعامدين
قريبين حيثئذ الصامولة ربطا قويا لتثبت التخته وللمهولة تستعمل روح تسوية كروية
تثبت على مسطرة العضادة ويكفي حينئذ جعلها في وضع اختياري فوق التخته وبواسطة
حركة الركبة تجعل الفقيعة وسط الدائرة المعلقة على زجاجتها ومتى كانت روح التسوية
مضبوطة فالتخته تكون أفقية

ثالثا - انحراف البلا نشيطة - لذلك يوضع حرف مسطرة العضادة على أحد الخطوط
المارة بنقطة الوضع البلا نشيطة ثم بواسطة الحركة الدورانية للتخته يجعل الشعاع
البصرى للعضادة مارا بوسط الشاخص المغروس رأسيا في نهاية الضلع الأرضى المناظر
للخط الذى عليه حرف مسطرة العضادة ومتى كان الانحراف التطرى ملاحظا عند اجراء
التسامت فحركة دوران التخته لضبط الانحراف لا تبعد النقطة البلا نشيطة عن الرأسى
الماز بالنقطة الأرضية بأزيد من ٠.٠١ متر أو ٠.٠٢ متر بالاكثر عن محور الوتد وهذا
البعد مهمل لصغره وبذلك يقال ان البلا نشيطة موضوعة في نقطة الوضع

ب ١١٧ د - يوجد نوع آخر من البلا نشيطات وهى المركبة على ركبة تسمى كوينوت
وهذه الركبة متكونة من اسطوانتين مرتبطتين ببعضهما محوراها متعامدان كافي
(شكل ١٠٩) تسميان لاعطاء التخته حركة ميل لجعلها أفقية

ولذلك توضع روح التسوية على اتجاه محور الاسطوانة السفلى ثم تفتح الصامولة الموجودة

على اتجاه محور الاسطوانة العليا وتعال التختة الى أن تصبح قبة روح التسوية في الوسط



شكل ١٠٩

فتربط الصامولة المذكورة وتدار روح التسوية على التختة دورة قدرها ٩٠ فتأتي على اتجاه محور الاسطوانة العليا ثم تفتح الصامولة الموجودة على اتجاه محور الاسطوانة السفلى وتعال التختة الى أن تصبح قبة روح التسوية في الوسط فتربط هذه الصامولة تربطاً محكماً كما سبق وحينئذ التختة تصبح أفقية

وتختة هذه البلا نشيطة لها ملقان يلف عليهما الورق الزائد عن التختة بحيث متى تم رسم الجزء الموجود فوقها يلف ويوضع جزءاً أبيض على التختة مع ابقاء جزء من المرسوم كاف لتحديد الوضع والانحراف وتوضع هذه البلا نشيطة في نقطة الوضع كما في (بن ١١٦ د)

بن ١١٨ د - أحياناً تستعمل بلا نشيطات لها مركبة من معدن ترتكز على قاعدة مثلثية ذات ثلاث برم ثبات كما بالموالين فنقل هذه يسهل جعلها أفقية بوضع روح التسوية على التختة في اتجاه مسمارين من مسامير القاعدة و يرفع أو يخفض أحدهما الى أن تصبح

الفقعة في الوسط ثم توضع روح التسوية في وضع عمودي على الاول ويرفع أو يخفض
المسمار الثالث بدون مس المسمارين الاولين الى أن تصير الفقعة في الوسط وتوضع هذه
البلاشيطة في نقطة الوضع كما في (ب ١١٦ د)

(العضادة وشروط تحقيقها)

ب ١١٩ د - يستعمل مع البلاشيطة عدة أنواع من العضادة وأقدم هذه الأنواع هي
العضادة ذات الشفتين كعضادة الجرافومتر

وأنواع العضادة المستعملة الآن هي التي مساطرها من الخامس الأصفر وبنها نظارات
مستطيلة النظر بواسطتها ترى الشواخص واضحة من بعد

ب ١٢٠ د - لايجل أن تكون النظارة مستعدة للعمل يلزم أن توفى الشرطين الآتيين
أولاً - أن الشعاع البصري للنظارة يكون عمودياً على محور دورانها لاجل أن يرسم مستويًا
لاسطحاً مخروطياً

ثانياً - أن محور الدوران المذكور يكون موازياً للسطح السفلي للمسطرة لاجل أن يكون
أفقياً والمستوى المرسوم به رأسياً متى كانت المسطرة موضوعة على تخته أفقية

فلتحقيق الشرط الأول يقال انه متى كانت البلاشيطة أفقية وتطرى بالنظارة الى نقطة ب
(شكل ١١٠) المتباعدة جداً الموحدة تقريباً في مستواً أفقياً واحد مع النظارة ثم يرسم

مستقيم بطول حرف المسطرة وفرض أن أ و أ س هما مسقطا الشعاع البصري ومحور
دوران النظارة وأن أ ه هو الخط المرسوم على حرف المسطرة



وأديرت النظارة ١٨٠° حول محورها ثم أديرت المسطرة طرفاً محل

طرف وتطرى ثانياً بهذه النقطة بتحريك النظارة حول ابرة مثبتة في

نقطة أ ورسم على حرف المسطرة اتجاه جديد مثل أ ه فتكون

الزاوية ه أ ه الواقعة بين الخطين المرسومين على حرف المسطرة

هي ضعف خطأ تعامد المحور البصري للنظارة ومحور دورانها

فإذا وضع حيث ذ حرف المسطرة على النصف أ ه للزاوية ه أ ه فان محور دوران النظارة

يأتى على أ ح العمودى على أ م لكن المحور البصري يأتى على أ ص الصانع مع أ ب

زاوية مساوية للخطأ وحينئذ لتصلجه يكفي تحريك نقطة تقاطع الشعرتين بتحريك

حامل الشعير الى أن يمر الشعاع البصري بالنقطة ب (ويتحرك حامل الشعير بتحريك
البرمتين الأفقيتين وان كانتا غير موجودتين فتحرك الشبيبة لجعل الشعاع البصري
مختلفاً أو توضع ورقة من البلاطين تحت المحور الذي يوصل النظارة لمحور الدوران)

ولتحقيق الشرط الثاني توضع المسطرة على بلاشبيطة أفقية وينظر بالنظارة الى إحدى نقط
خيط شاقول ثم تحرك أعلى وأسفل بدون تحرك المسطرة فتى كانت نقطة تقاطع الشعرتين
على هذا الخط الرأسي في كافة الحركات يعلم ان الشرط محقق وان النسطح المرسوم
بالشعاع البصري هو مستوياً

واذا لم تمر نقطة تقاطع الشعرتين بالخط الرأسي في جميع حركاتها فيصلح هذا الخط بفك
القائم الرأسي ووضع قطعة من ورق أو صفيحة معدنية في إحدى جهتيه وربطه ثانياً ليمل
هذا القائم وبالتبعية له محور الدوران بحيث انه بتحريك النظارة أعلى وأسفل تكون
نقطة تقاطع الشعرتين في كافة حركاتها ماراً بالخط الرأسي

بالمثل - يوجد شرطان آخران أقل أهمية من السابقين وهما

أولاً - ان المستوى الرأسي المار بمحور النظارة يكون ماراً بحرف المسطرة

ثانياً - ان محور دوران النظارة يكون عمودياً على حرف المسطرة

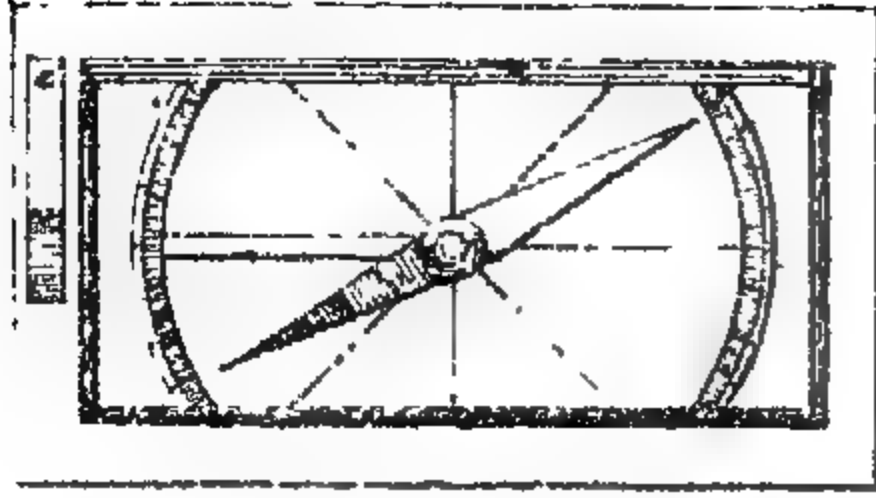
والقصد منهما ان يكون حرف المسطرة هو أثر المستوى الرأسي المار بالاشعة البصرية
على مستوى التختة ومع عدم وجود هذين الشرطين فأثر المستوى الرأسي المذكور
اما أن يكون موازياً لحرف المسطرة (ان كان موجوداً ثانياً) أو يكون مكوئاً مع
حرف المسطرة زاوية تبقى دائماً ثابتة (عند عدم وجود كل منهما) فالأول ينعدم عند
انحراف البلاشبيطة في الوضع الثاني والثاني لا يضر حيث ان الزاوية تبقى ثابتة على
الدوام ولا تؤثر على نسبة تفاصيل الرسم لبعضها بل تحرف لوحة الرسم جميعها بقدر هذه
الزاوية بدون ان يمس ضبط التفاصيل

(بوصلة الانحراف المسماة ديكليناوار)

بالمثل - هذه الآلة عبارة عن ابرة ممغنطة صغيرة مرتكزة من مركز ثقلها على

محور رأسي موضوعة داخل صندوق قطاعه
مستطيل قليل الارتفاع وعند تحرك الصندوق
تتحرك الابرة نحو الشرق أو الغرب على قوسين
مدرجين من دائرة واحدة (شكل ١١١)
وصفر كل منهما في الوسط ودرجهما مفر كما هو
مبين في الشكل

شكل ١١١



(استعمال البلانشيطة والاحتراسات اللازمة عند استعمالها)

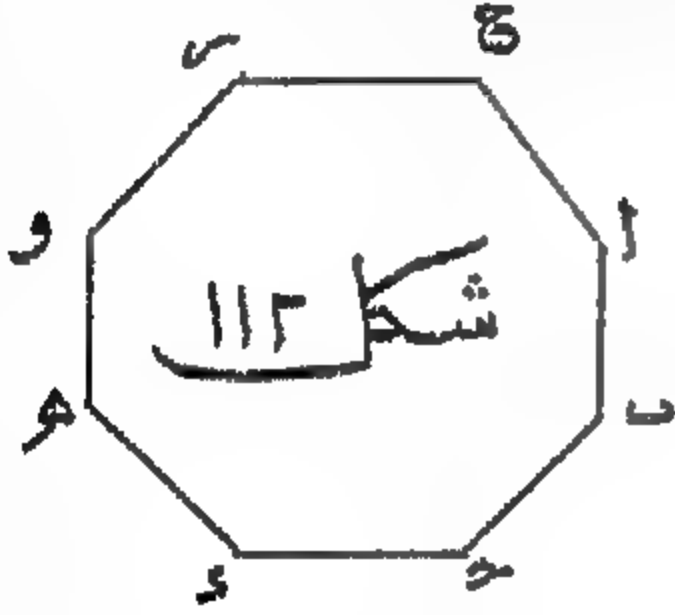
تب ٢٣ - تستعمل البلانشيطة لرسم قطعة أرض بثلاث طرق مختلفة بعد تقسيم

الأرض الى أشكال كثيرة الاضلاع وهي

أولاً - طريقة اللف والدوران

ثانياً - طريقة التقاطع أو تقسيم الشكل الى مثلثات

ثالثاً - طريقة الثبات ومنها نصف اللف



فأولاً - لرسم شكل مثل أب ج د هـ و ز ب بطريقة اللف والدوران (شكل ١١٢)

تلصق ورقة على لوحة البلانشيطة ثم يبتدأ بوضع البلانشيطة في نقطة أ ثم يفرض على

لوحة أ نقطة بالنظر بحيث لا يخرج الرسم عن اللوحة ويلزم مسامتة أ على نقطة أ ثم تجعل

أفقية ويكون انحراف اللوحة نظرياً نحو الأرض المقتضى رسمها ثم تربط كافة حركاتها

وتغرس ابرة في النقطة المسامته لنقطة أ وبعد ذلك تحرك المسطرة حول هذه الابرة

الى أن يرى الشاخص المغروس رأسياً في نقطة ب ثم يقاس بعد أ ب الأرض ويحول

الى المقياس ويوضع على الخط المرسوم على لوحة البلانشيطة فنهاية تكون هي نظيرة

نقطة ب ثم ترفع البلانشيطة وتوضع في نقطة ب بحيث تسامت نقطة ب الأرضية

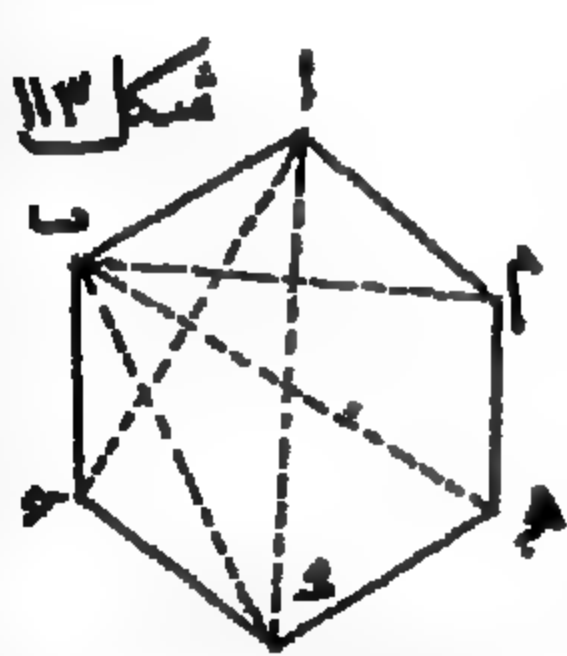
على نظيرتها من البلانشيطة بعد انحرافها أي جعل خط ب أ الأرضي وتظيره من

البلانشيطة في مستو واحد رأسي ثم توضع أفقية ويتم انحرافها بموجب ما تقدم (بمعنى

ان البلانشيطة توضع في نقطة ب موفاة لشروطها الثلاثة) ثم تغرس الابرة في النقطة

المنظرة لنقطة ب وتحرك المسطرة حولها الى أن يمر تقاطع الشمرتين بالشاخص
المغروس رأسياً في نقطة ح ثم يقاس ب ح ويحول للمقياس ويؤخذ على هذا الخط
فنتج النقطة المنظرة لنقطة ح ثم تنقل البلانسيطة وتوضع في ح ويجري العمل
بها كسابقها وهكذا الى نقطة ع ويقاس البعد ع أ ويحول للمقياس ويؤخذ على
تطيره فتى كان العمل مضبوطاً فان نقطة الابداء تنطبق على نقطة الانتهاء وان وجد خطأ
قليل يصلح كما سبق والشكل المرسوم على تحتة البلانسيطة يكون مشابهاً للشكل
الارضى حيث ان زواياها متساوية وأضلاعها متناسبة

وثانياً - لرسم شكل أ ب ح د ه و بطريقة التقاطع ينتخب أحد أضلاعه أ ب قاعدة
(شكل ١١٣) بحيث يمكن كشف جميع رؤوس الشكل من كل من نهايتيه أ ب ثم توضع
البلانسيطة في نقطة أ ويرسم عليها خط مستقيم ويفرض أنه هو اتجاه أ ب بالنظر
بحيث لا يخرج الرسم عن تحتة البلانسيطة ثم يقاس خط أ ب مراراً قياساً مضبوطاً
ويحول الى المقياس ويؤخذ من مقداره على الخط المذكور فيحدد عليه نقطتان هما



مناظرتان لنقطتي أ و ب ثم تتم شروط البلانسيطة كما سبق
وتوجه النظارة (بعد غرس شواخص في نقط ب و ح و د و هـ و و)
على كل من نقط ح و د و هـ و و وعند تحريرها على كل منها
يرسم خط على حرف المسطرة ويغمر بمنزلة أو بعلامة أو بحرف يدل

على النقطة ثم تنقل البلانسيطة وتوضع في نقطة ب موفاة لشروطها الثلاثة وتوجه
النظارة على كل من نقط ح و د و هـ و و وترسم خطوط على حرف المسطرة تتقاطع مع
الاولى كل مع تطيره في نقط تكون هي النقط المنظرة لرؤوس المضلع فيوصل بينها بخطوط
بالترتيب تكون هي الخطوط المنظرة الى أ ب و ب ح و ح د و د هـ و هـ ويكون الشكل
المرسوم على تحتة البلانسيطة مشابهاً للشكل الارضى لتكون من مثلثات متشابهة
متعددة في العدد

ولاجل تحقيق الرسم يقاس أحد الأوتار على الارض وبعد تحويله الى المقياس يطبق على

تظيره من التختة فان وجد مساويا له كان العمل صحيحا والا فلا * وفي العمل بطريقة التقاطع تلاحظ الشروط الآتية وهي

أولا - يلزم ملاحظة انحراف البلان شريطة عند توجيه النظارة على كل نقطة ربما يكون مختلف بسبب من الاسباب

ثانيا - يلاحظ عند الشغل ان تكون المسطرة مماسة للدائرة المغروسة رأسيا

ثالثا - يلزم وضع رموز أو علامات أو غمر على اتجاهات الأشعة لاجل عدم الخطامع بيان هذه الرموز أو التمرينان مخصوص بدقة مخصوص

رابعا - يلزم تمييز النقط التي تحدث برسم دائرة صغيرة جدا على كل منها ووضع عليها غمرة النقطة

خامسا - يلزم ان تكون الأشعة المرسومة من الوضع الثاني بعض ميلات

سادسا - يلزم ان لا تكون الزوايا الحادة من تقاطع الأشعة حادة جدا ولا

منفرجة جدا أي تكون أكبر من 30° وأصغر من 150° لتكون النقط المتحصلة مضبوطة

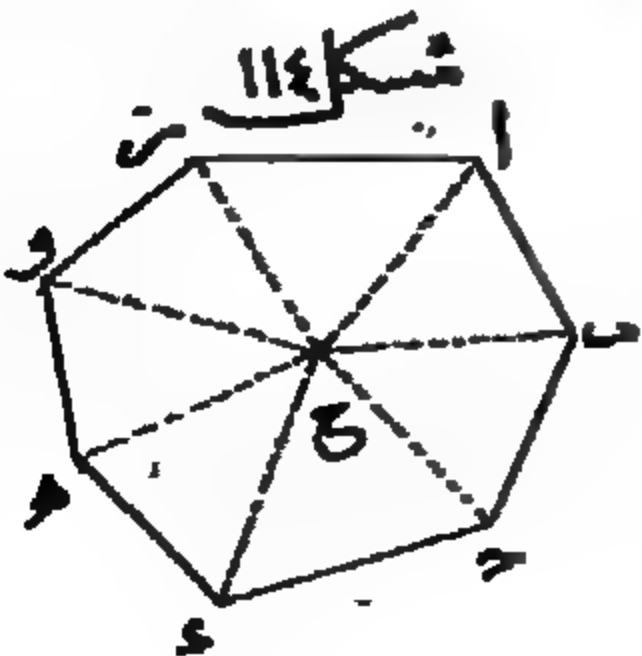
سابعا - النقط لا يتحقق من تحديدها بالضبط الا اذا كانت حادة من تقاطع ثلاثة أشعة بالاقل

ثامنا - يلزم غرس الشواخص رأسيا في النقط المراد تعيينها والافحص رر على مواقعها

وثالثا - طريقة الثبات - تستعمل طريقة الثبات حينما يكون داخل الشكل

مكشوقا مكملا جوبه (شكل ١١٤)

مثلا لرسم الشكل ا ب ج د ه و بهذه الطريقة تنتخب نقطة داخله مثل خ ثم



توضع فيها البلان شريطة مواءمة لشروطها بمعنى أن تكون

مسامطة لنقطة تغرس على التختة بالنظر بحيث لا يخرج

الرسم عن فرخ الورق وتكون أفقية ومحروفة أي يجعل

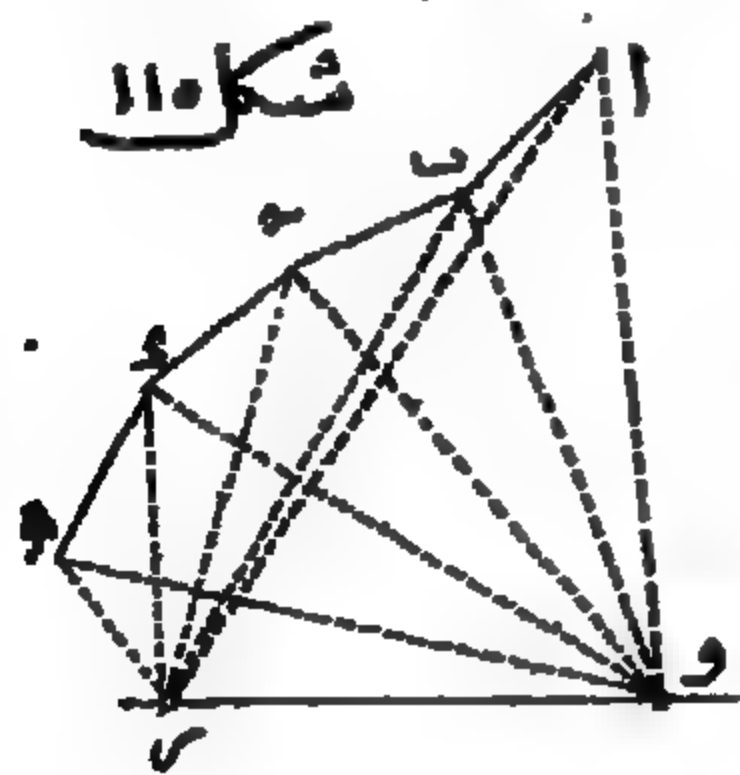
التختة مؤهلة لان تشتمل على الارض المقتضى رسمها ثم

تغرس شواخص رأسيا في جميع رؤس الشكل ثم يحزر

على هذه الشواخص وترسم خطوط رصاصية على حرف المسطرة ثم تقاس الخطوط
 أ ب ج د ح الخ وتحول الى المقياس وتؤخذ على نظائرها من التختة وتجمع
 نهاياتها فيحصل شكل مشابه للشكل المطلوب
 وللتحقق من صحة العملية يقاس أحد أضلاع الشكل أو أحد أقطاره فان كان بعد تحويله
 الى المقياس مساويا نظيره تكون العملية حقيقية والا فلا

واذا أريد رسم خط منكسر مثل أ ب ج د ه كما في (شكل ١١٤) تنتخب قاعدة خارجة
 عنه مثل و و يرسم هذا الخط بطريقة التقاطع بوضع البلاشبيطة في كل من نقطتي
 و و والتحرير من كل منهما على النقط أ و ب و ج الخ كما هو مبين بالشكل

ولكن في الغالب لا يمكن اختيار قاعدة خارجة في رسم هذا الخط بوضع البلاشبيطة
 في نقطة أ مثلا والتحرير على الشاخص الموضوع في نقطة ب ثم قياس خط أ ب
 وتحويله الى المقياس وأخذه على نظيره ثم يحرر على الشاخص الموضوع في نقطة ج
 ويقاس بعد ب ج ويحول الى المقياس وتجعل نظيرة نقطة ب مركزا وبهذا البعد
 يرسم قوس يقطع الشعاع المناظر الى أ ج في نقطة تكون هي المناظرة لنقطة ج
 ثم يحرر على الشاخص الموضوع في نقطة د ويقاس بعد ج د ويجري به العمل كما سبق



وهكذا الى نهاية الخط المنكسر (شكل ١١٥) وللتحقق
 من صحة العملية يقاس البعد أ ه ويحول الى المقياس
 ويؤخذ على نظيره فان انطبقت نقطة نهايته على النقطة
 المناظرة لنقطة ه كانت العملية صحيحة وان وجد خطأ
 قليل يوزع على النقط الأخر

لكن هذه الطريقة يعثر بها عيوب كثيرة سيما اذا وجد أحد أضلاع الشكل صانعا مع
 اتجاه الشعاع البصري الواصل من الوضع الى نهايته زاوية كبيرة ففي مثل هذه الحالة اما
 أن القوس يقطع الشعاع في نقطتين متقاربتين أو عكسه في جله تقط وبذلك لا يحكم على
 ضبط هذه النقطة بل وما يأتي بعدها وحينئذ يستلزم الحال لقياس الأشعة البصرية لضبط
 العملية وهذه الطريقة هي المعبر عنها بنصف اللق والدوران

١٢٤ د - الاحترامات اللازمة مراعاتها عند استعمال البلاشبيطة

الرسم بالبلا نشيطة يكون دائماً معرضاً لخطرات ينتج بعضها من عدم ضبط تسامت
البلا نشيطة بسبب تأثير الاهوية على خيط الشاقول وبعضها من عدم غرس الشواخص
رأسياً في نقط الاوضاع وعدم امكان رؤية ركائزها ويتبع هذين الخطأين خطأ آخر
آخر ان ناشأ من عدم ضبط قياس الابعاد الارضية وعدم دقة التبصر في تقدير هذه
الابعاد ووضعها على البلا نشيطة وجميع هذه الخطأآت لا يمكن تجنبها

فإذا فرض أن كل خطأ من هذه الخطأآت قدره ٠.٠١ متر فان خطأ عدم ضبط
التسامت وعدم غرس الشواخص رأسياً يضافان لبعضهما وينتج عنهما في الرسم خطأ
قدره ٠.٠٢ متر على بعد مثل أب وهذا الخطأ يكبر كلما نقص طول الضلع الارضي

أب (شكل ١١٦)

شكل ١١٦

فإذا أريد أن التباعد الذي ينتج من اختلاف الانحرافات
المتعاقبة لا يكون محسوساً على تحفة البلا نشيطة العادية
التي ضلعها ٥٠ متر أي لا يتعدى ٠.٠٠٠١ متر

يكون $\frac{0.0001}{50} = \frac{0.000002}{1} = \frac{0.000002}{100} = \frac{0.000002}{100}$ ومنها أب = ١٠٠ متر

أعني أنه يلزم أن لا يحرف على بعد أقل من مائة متر فإذا أريد الانحراف على بعد أقل من
خمس مائة متر مثلاً يلزم عمل احتراسات خصوصية بحيث لا يتعدى خطأ تباعد التسامت
وتباعد غرس الشواخص رأسياً عن ٠.٠١ متر

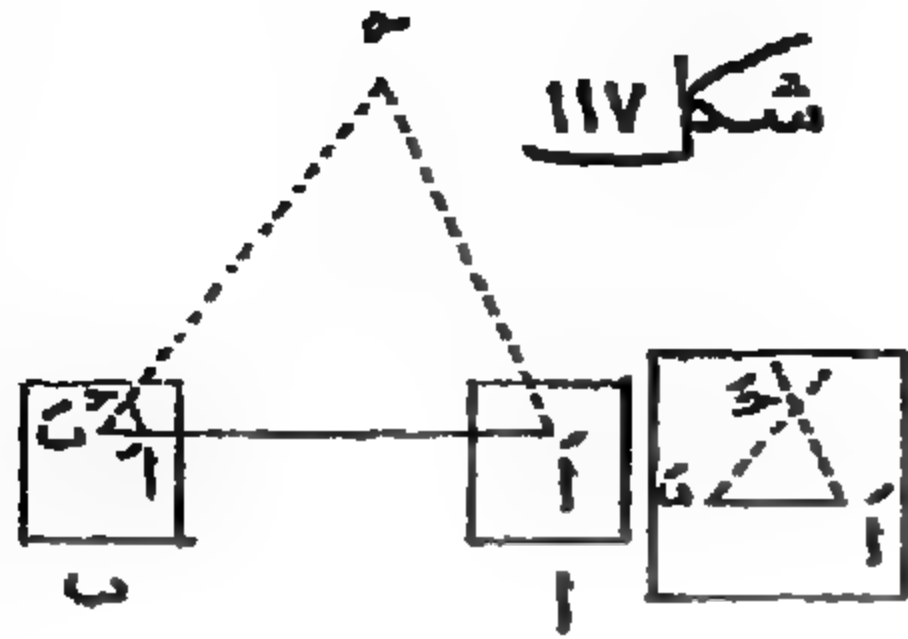
وأما خطأ القياس مع تحويله ووضعها على اللوحة فيتمتع بالدقة التي يلاحظها المهندس
ويعلم مما تقدم أن البلا نشيطة تحدث خطأ في الرسم بطريقة اللف والدوران ويكون لها
الفائدة العظمى في طريقة التقاطع حيث ان أشعة التقاطع التي توجد مستطيلة تكون
محددة بالضبط على الخريطة بخلاف الآلات التي تقيس الزوايا فان الأشعة لا تتحدد الا
بطول نصف قطر الرق المستعمل

(بعض مسائل يقصد حلها بالبلا نشيطة)

بمسألة الأولى - المسألة الأولى - المعلوم نقطتان أ و ب على البلا نشيطة ونظائرهما
أ و ب على الارض (شكل ١١٧) والمطلوب تحديد نقطة ح المناظرة لنقطة ح

لذلك

لذلك يقال ان حل هذه المسألة يتضمن جملة أحوال تبعاً لامكان وضع البلانشيطة
وامكان القياسات



شكل ١١٧

الحالة الاولى - اذا أمكن وضع الآلة في كل

من نقطتي أ ب يجري العمل كما سيأتي

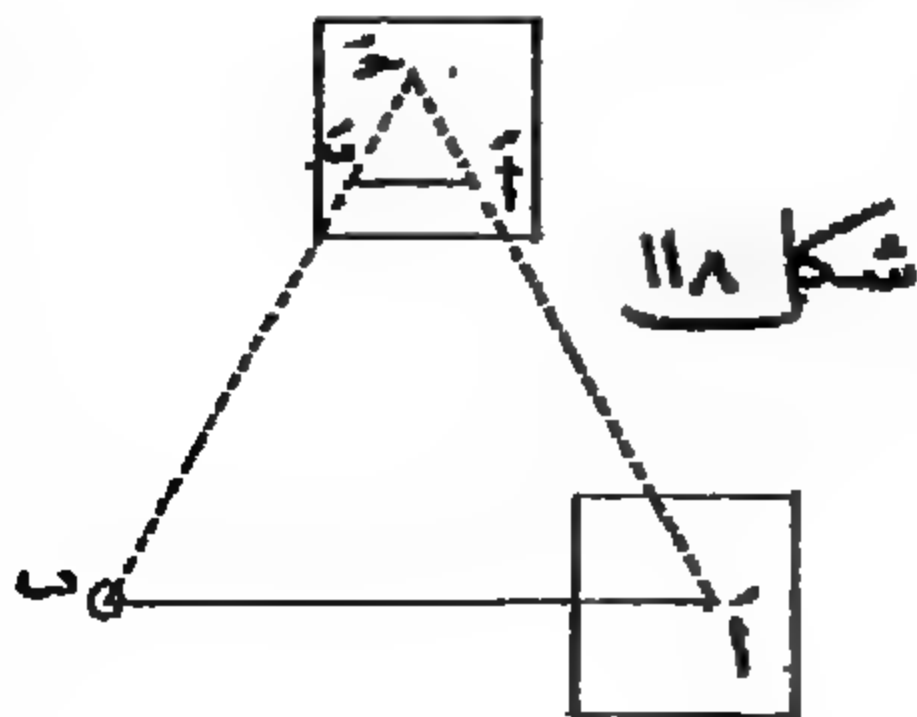
بان توضع في نقطة أ وتحرف على اتجاه أ ب

أي يجعل أ ب معاً في مستور رأسي وتسامت

نقطة أ على نظيرتها ثم تجعل أفقية

ثم بعد ذلك تحرك المسطرة حول الابرة المغروسة رأسيًا في نقطة أ ويجرر على شاخص
يفرس رأسيًا في ح ويجرر خط على حرف المسطرة فتكون الزاوية المرسومة على
البلانشيطة مساوية لزاوية ح أ ب الأرضية ثم تنقل الآلة وتوضع في نقطة ب وتجعل
نقطة ب مسامتة لنقطة ب وأفقية وتحرف يجعل ب أ مع ب أ في مستور رأسي
ثم تحرك المسطرة حول الابرة التي تفرس رأسيًا في نقطة ب إلى أن تمر بالشاخص
المغروس رأسيًا في نقطة ح ويجرر خط على حرف المسطرة فالزاوية التي تتكون بين هذا
الشعاع والخط أ ب تكون مساوية لزاوية ح أ ب الأرضية والشعاعان يتقاطعان
على اللوحة في نقطة ح تكون هي مسقط نقطة ح على البلانشيطة وذلك لان مثلث
أ ب ح يشابه مثلث أ ب ح حيث ان في كل منهما زاويتين مساويتين لنظائريهما من
الانزويري أن عمل هذه الحالة يرجع لرسم مثلث متي علم منه ضلع ومجاوراته

الحالة الثانية - اذا لم يمكن وضع الآلة الا في نقطة أ ويراد تعيين نقطة ح مع



شكل ١١٨

امكان قياس ح على الارض (شكل ١١٨)

لذلك توضع الآلة في نقطة أ وتسامت نقطة

أ على نقطة أ وتجعل أفقية ويجرر

خط أ ب على أ ب ثم بعد ذلك تحرك المسطرة

حول الابرة المغروسة رأسيًا في نقطة أ إلى أن

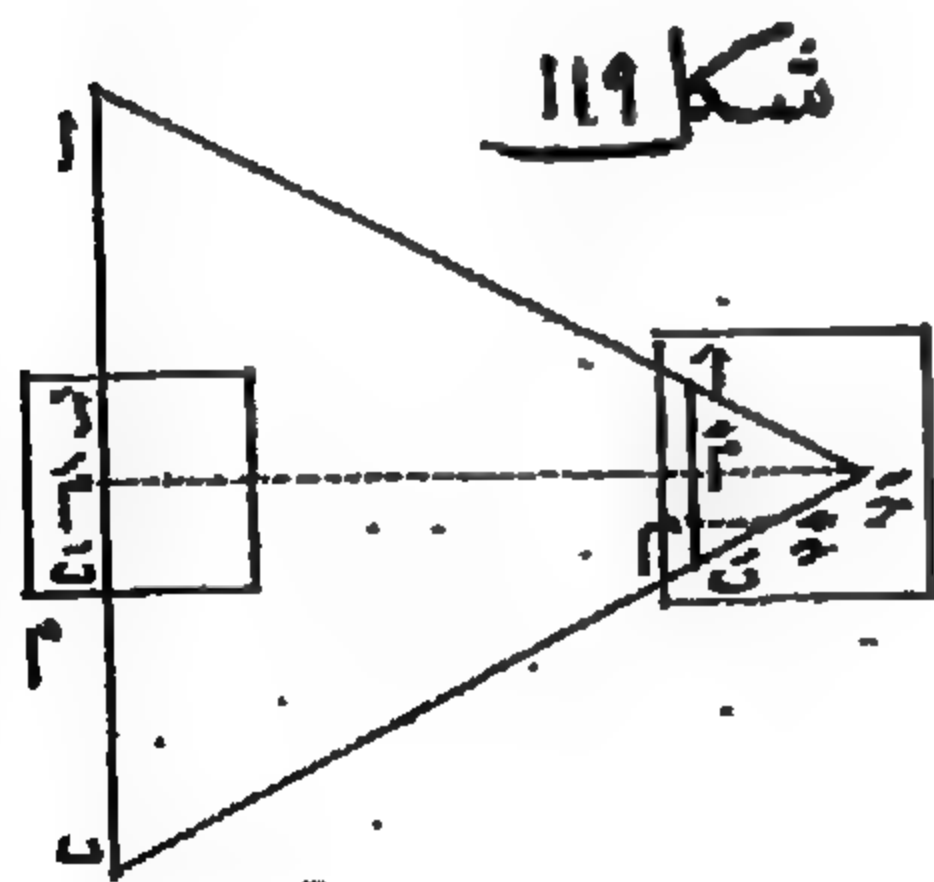
يمر الشعاع البصري لها بنقطة ح فيرسم خط

على حرف المسطرة ثم يقاس α ويحول للمقياس ويؤخذ على الشعاع المذكور
فمحدث نقطة α تكون هي نظيرة α لان مثلث $\alpha \beta \gamma$ مشابه لمثلث $\alpha \beta \delta$ تناسب
الضلعين المحيطين بزاوية من الاول للضلعين المحيطين بمساوية من الثاني كل نظيره ويرى
أن حل هذه الحالة عبارة عن رسم مثلث معلوم منه ضلعان والزاوية المحصورة بينهما
الحالة الثالثة - اذا لم يمكن وضع الآلة الا في احدى النقطتين α مثلاً وغير يمكن
قياس البعد $\alpha \delta$ (شكل ١١٨)

لذلك توضع البلاشبيطة في نقطة α موفاة لشروطها الثلاثة ثم تحرك المسطرة بمماس
للأبرة المغروسة رأسياً في نقطة α الى أن يمر الشعاع البصري بالشاخص المغروس رأسياً
في نقطة γ ويجز خط على حرف المسطرة ثم تنقل البلاشبيطة وتوضع في نقطة α موفاة
لشروطها الثلاثة ثم تحرك المسطرة حول الأبرة المغروسة رأسياً في β الى أن يمر
المحور البصري لها بنقطة β ويجز خط على حرف المسطرة في تقاطع مع الشعاع الاول
في نقطة γ تكون هي نظيرة نقطة γ

ويرى أن حل هذه الحالة يرجع لرسم مثلث بعد معلومية أحد أضلاعه والزاوية المقابلة له
واحدى الزاويتين المجاورتين له

الحالة الرابعة - ان لم يمكن وضع الآلة في كل من نقطتي $\alpha \beta$ بان كانا هلالين مائتين
مثلاً بينهما فضاء (شكل ١١٩) فلا يجاد نقطة



γ يلزم تعيين نقطة على الأرض من خط $\alpha \beta$
مثل μ ثم توضع البلاشبيطة فيها وتؤخذ
أحدى نقط خط $\alpha \beta$ مثل μ وتسامت على
نقطة μ مع جعل البلاشبيطة أفقية محروقة
بحيث يكون μ α على μ أو μ β على μ
أي خط $\alpha \beta$ على خط $\alpha \beta$

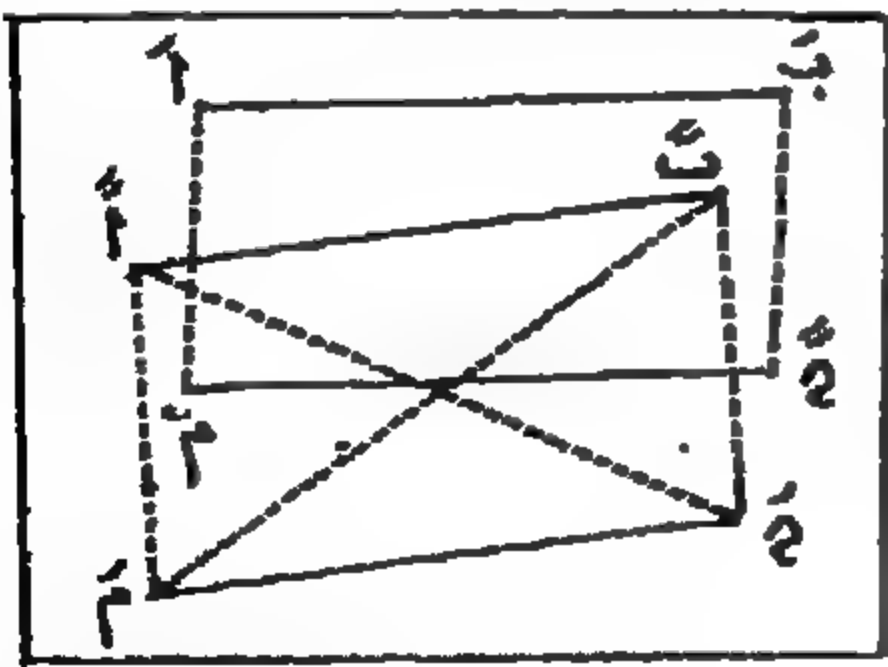
ثم تحرك المسطرة حول الأبرة المغروسة في نقطة μ الى أن يمر شعاعها البصري
بالشاخص المغروس رأسياً في نقطة γ ويرسم على حرف المسطرة خط فالزاوية $\gamma \mu \alpha$
تكون مساوية للزاوية $\gamma \mu \beta$ وكذا $\beta \mu \alpha$ تساوي $\beta \mu \gamma$ ثم تنقل البلاشبيطة

وتوضع في نقطة ح بحيث يحرف خط ح م على خط ح م بعد وضعها أفقية وتسامت نقطة ح على إحدى نقط ح م فبذلك يكون خط أ ب موازيا أب ثم تحرك المسطرة حول الإبرة المغروسة رأسيا في نقطة ب إلى أن ترى نقطة ب ويرسم خط على حرف المسطرة يكون هو نظير خط ح م ثم تحرك المسطرة أيضا حول الإبرة المغروسة رأسيا في أ إلى أن تشاهد نقطة ب ويرسم على حرف المسطرة خط يكون هو نظير ح م ويقطع الشعاع الأول في نقطة ح تكون هي نظير نقطة ح وحيث إذا أريد إيجاد نظير نقطة م يرسم على اللوحة خط ح م موازيا ح م فيقطع أ ب في نقطة م تكون هي نظير م فإذا أريد استمرار العمل وجب إعادة التسامت يجعل ح على نقطة ح والانحراف اما بنسبة ح أ أو ح ب

ومثل ح أ ب يشابه مثل ح ب أ لان أ ب يوازي أ ب فتكون زاويتا ب و ب متساويتين وكذا أ و أ وحيث ذلك تكون ح و ح متساويتين وتناسب الاضلاع

بالمسألة الثانية - المعلوم نقطتان على الأرض في أ و ب وعلى البلانشيطة في أ و ب لكن لا يمكن وضع البلانشيطة في كل منهما ولا بينهما (كرأسي منارتين) والمطلوب تحديد قاعدة للشغل بالبلانشيطة على الأرض فتكون مرتبطة مع الخط الواصل بين النقطتين على لوحة الرسم (شكل ١٢) لذلك يؤخذ نقطتان اختياريان

شكل ١٢



م متباعدتان على قدر الامكان ومن كل منهما يمكن رؤية نقطتي أ و ب ثم يرسم على قنطرة البلانشيطة خط اختياري يفرض أنه م وبعد قياسه وتحويله للمقياس يؤخذ على الخط المذكور وليكن م م ثم توضع

البلانشيطة في نقطة م مثلا موفاة لشروطها الثلاثة أعني تسامت نقطة م على م ويكون م م على اتجاه م م ثم تحرك المسطرة حول الإبرة المغروسة في نقطة م إلى أن تمر بنقطتي أ و ب ويرسم خطان على حرف المسطرة مثل م أ و م ب ثم تنقل

البلا نشيطة وتوضع في نقطة ب وتسامت هذه النقطة مع نقطة د وتوضع أفقية
محروقة بوضع د م على د م ثم تحرك المسطرة حول الابر المغروسة رأسياً في د
الى أن تمر بنقطة ب ويرسم خط على حرف المسطرة يقطع م ب في نقطة ب تكون
هي نظيرة نقطة ب مرتبطة بخط م د ثم تحرك المسطرة مماسة للابر المغروسة في د الى
أن تمر بنقطة ا ويرسم خط يقطع م ا في نقطة ا تكون هي نظيرة نقطة ا
مرتبطة بخط م د بمعنى أن الشكل الرباعي م د ب ا يكون مشابهاً للشكل
الرباعي على الارض م د ب ا وحيث إذا رسم على خط ا ب شكل مشابه الى
م د ب ا بواسطة تقاطع الاقواس بالبرجل أو نقله بورق شفاف وتطبيق خط
ا ب من الورق الشفاف على خط ا ب ثم بثقب نقطتي م و د من الورق الشفاف
واسقاطهما على البلا نشيطة في نقطتي م و د تكونان هما المناظرين الى م و د على
الارض مرتبطتان مع خط ا ب كارتباط خط م د مع ا ب فإذا أريد التحقق من
صحة العمل وجب إعادة التسامت والافقية والانحراف وابعاء العمالية ثانياً باخذ م د
مناظر الخط الارضي م د

١٢٧ د - المسألة الثالثة - المعالم ثلاث نقط على البلا نشيطة في ا ب و ج
وعلى الارض في ا ب و ج لا يمكن وضع الآلة في كل منها والمطلوب تحديد نقطة الوضع د
المعروفة على الارض ومنها تكشف النقطة ا ب و ج

فهذه المسألة يمكن حلها بعملية مشابهة للعملية التي أجريت بالمسألة الثانية بانتخاب
قاعدة خارجية وتعيينها في ا ب و ج والوحدة البلا نشيطة بعد قياسها وتحوييلها للمقياس
وتعيين النقط ا ب و ج على البلا نشيطة بالتقاطع وإذا لم تكف القاعدة لتحديد النقط
ا ب و ج تنتخب قاعدة ثانية كي يتعين بعض النقط ا ب و ج بالتقاطع من وضعين
وبعضها من ثلاثة أوضاع وينقل الشكل المتحصل ويربط بالمثلث ا ب ج وهذه
العملية هي المختارة في الاعمال ونشرح طريقتي آخرتين لحل هذه المسألة

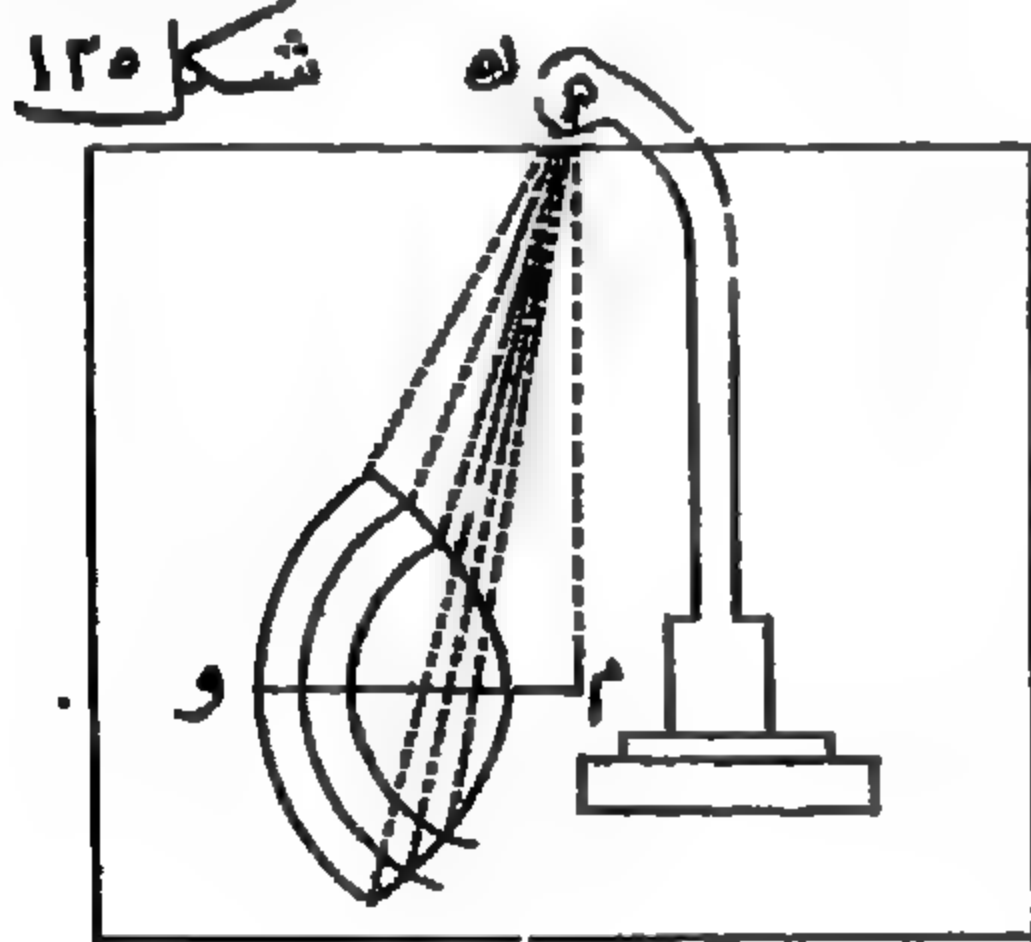
الطريقة الاولى - ان توضع البلا نشيطة أفقية في نقطة د (شكل ١٢١) ويسامت عليها
احدى نقط التفتة مثل د ثم تحرك المسطرة حول الابر المغروسة في د الى أن تمر

في الاتجاه المعاكس ونقطتا د و ح مقابلتين لنقطتي د و ح ثم تغرس الابرة في نقطة ح ويحرر بالنظارة على نقطة ح ويعين شعاع ح هـ ثم ترفع الابرة وتغرس في د وتحرك النظارة على د ويعين شعاع د هـ فهذا الشعاع يتقاطع مع شعاع ح هـ في نقطة هـ تكون هي نظيرة هـ

(تعيين خط نصف النهار بواسطة البلان شبيطة)

بنسبة ١٣ - ولوانه يوجد عدة طرق لتخطيط خط نصف النهار غير ان أبسطها هي طريقة الارتفاعات المتطابقة للشمس

وهي أن نضع البلان شبيطة أفقية بالضبط ثم نرمم على لوحها جلة دوائر متوازية بمركز واحد مثل م ثم نضع على اللوح ساقا رأسيا إذا قاعدة معشقا في نهايته العليا ساق آخر وفي نهاية هذا الساق قطعة من الزجاج لـ مستديرة الشكل وبها ثقب صغير جدا ينسقط على مركز الدوائر م كما يرى من (شكل ١٢٥) ثم ترصد قبل الزوال وبعده



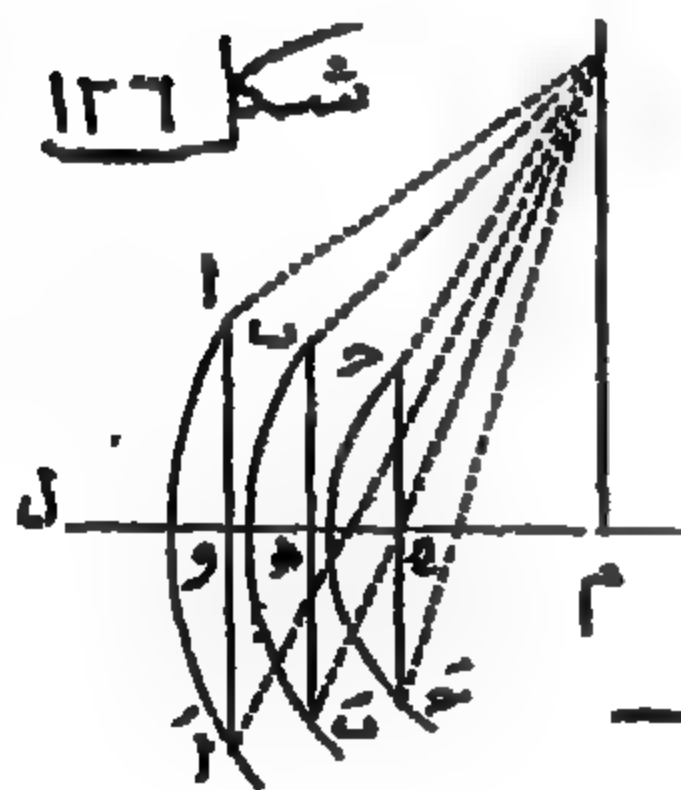
نقط تقابل الاشعة الشمسية النافذة من الثقب الصغير بالاقواس المرسومة وتعين تلك النقط بالقلم الرصاص وبعد ذلك تنصف الاقواس ١١ و ١٢ ب ب الخ بنقط و ل و د الخ وحينئذ يلزم ان تكون نقط التنصيف والمركز م على مستقيم واحد

لان كل نصفي قطرين متساويين مثل م أ و م ب هما عبارة عن أثري مستويين رأسيين متماثلين الوضع بالنسبة الى مستوى نصف النهار بسبب ان الشمس كانت فيهما بارتفاع واحد قبل الظهر وبعده فاذا انصفت الزاوية أ م ب الواقعة بين الاثريين المذكورين كان الخط المنصف لها د ا على اتجاه خط نصف النهار المطلوب ويكون م و هو اتجاه خط الزوال على البلان شبيطة

ولتعيينه على الارض تعين النقطة المسماة لنقطة م على الارض ثم توضع المسطرة على

اتجاه خط و م ويوضع أمام محور النظارة شاخص رأسي على الارض فان خط الواصل من موقع الشاخص الى النقطة المسامطة الى م هو اتجاه خط الزوال على الارض ويمكن ان يعوض القائم الرأسى بقرز ابرة في المركز م غرزا رأسيًا وترصد نقط تقابل ظل نهايتها بالدوائر المذكورة قبل الزوال وبعده ثم يعين خط الزوال على البلا نشيطة وعلى الارض كما سبق

ويمكن كذلك تعيين خط الزوال على الارض من أول الامر بدون واسطة البلا نشيطة وذلك بأن تنتخب قطعة أرض تكون مستوية افقية على قدر الامكان ثم ترسم عدة محيطات ذات مركز واحد وانصاف أقطار مختلفة ثم يغمس في مركز هذه المحيطات شاخص رأسي بواسطة خيط الشاقول وترصد نقط تقابل ظل نهايته بالمحيطات المذكورة قبل الزوال وبعده وتعلم تلك النقط بأوتاد صغيرة مثل أ ب و ح و د و ه الخ ثم تتصف الاوتار ١١ ب ب و ح و ح الخ بنقط و و ه و د الخ (شكل ١٢٦) فيلزم ان تكون تلك النقط والمركز م على خط مستقيم واحد م ل هو اتجاه خط الزوال المطلوب على الارض



الباب الثاني

في كيفية نقل المسودات وتبييضها وصفة تجهدها

بالمثل - اذا أريد نقل مسودة بمقياسها الاصلى يستعمل لذلك عدة أحوال أولاً - ان يقسم مسطح المسودة الاصلية الى مربعات أو مستطيلات بحجمه من الخطوط المتوازية ترسم بالقلم الرصاص خفيفة ثم يرسم على فرخ الورق المراد نقل الخريطة عليه مربعات أو مستطيلات مساوية للمربعات أو المستطيلات المرسومة على المسودة في الكيف والعدد وبعد ذلك يرسم في كل مربع أو مستطيل من الفرخ الورق الاجزاء القرينة من أضلاع المربع أو المستطيل المناظر له من المسودة بنسبة تقاصيلها الى أضلاع المربع أو المستطيل المذكور

وتؤخذ

وتؤخذ هذه النسبة اما بالنظر أو بتعيين كل نقطة باحدايين متعامدين أو برسم قوسين من دائرتين تكون هذه النقطة في تقاطعهما

وتحدد الخطوط المستقيمة وأضلاع المضلعات وحيطان العمارات بتعيين نقطتين من نقطتها أو بعدها الى أن تتقابل مع ضلعين من أضلاع المربع أو المستطيل على المسودة ويتعين موضع نقطتي التقابل المذكورتين على الخريطة بالبرجل

وفي أجزاء المسودات التي يكون بها تفاصيل كثيرة يلزم تكثير عدد المربعات أو تقسيمها فاذا أريد ان تكون الخريطة المقتضى عملها دقيقة جدا يلزم نقلها على ورق شفاف أو مشمع بتغطية المسودة بالورق الشفاف أو المشمع بحيث يكون مشدودا من جميع جهاته ثم يرسم عليه جميع خطوط المسودة

ثانيا - اذا لم تكن الخريطة الاصلية متركبة من تفاصيل كثيرة أو كان مقياسها كبيرا والرسم واضح فتطبع بواسطة القزاز على الورق اللازم نقلها عليه

ثالثا - اذا لم يمكن اجراء الحالة الثانية يلزم طبعها أولا على ورق شفاف ثم تنقل منه الى الفرخ الورق بواسطة ورق مرصص أو ياصق دفعة واحدة ورق الشفاف الذي رسمت عليه صورة الخريطة على قماش أبيض

وفائدة هذه الطريقة الاخيرة هي دقة النقل مع صلابة الخريطة المتحصلة

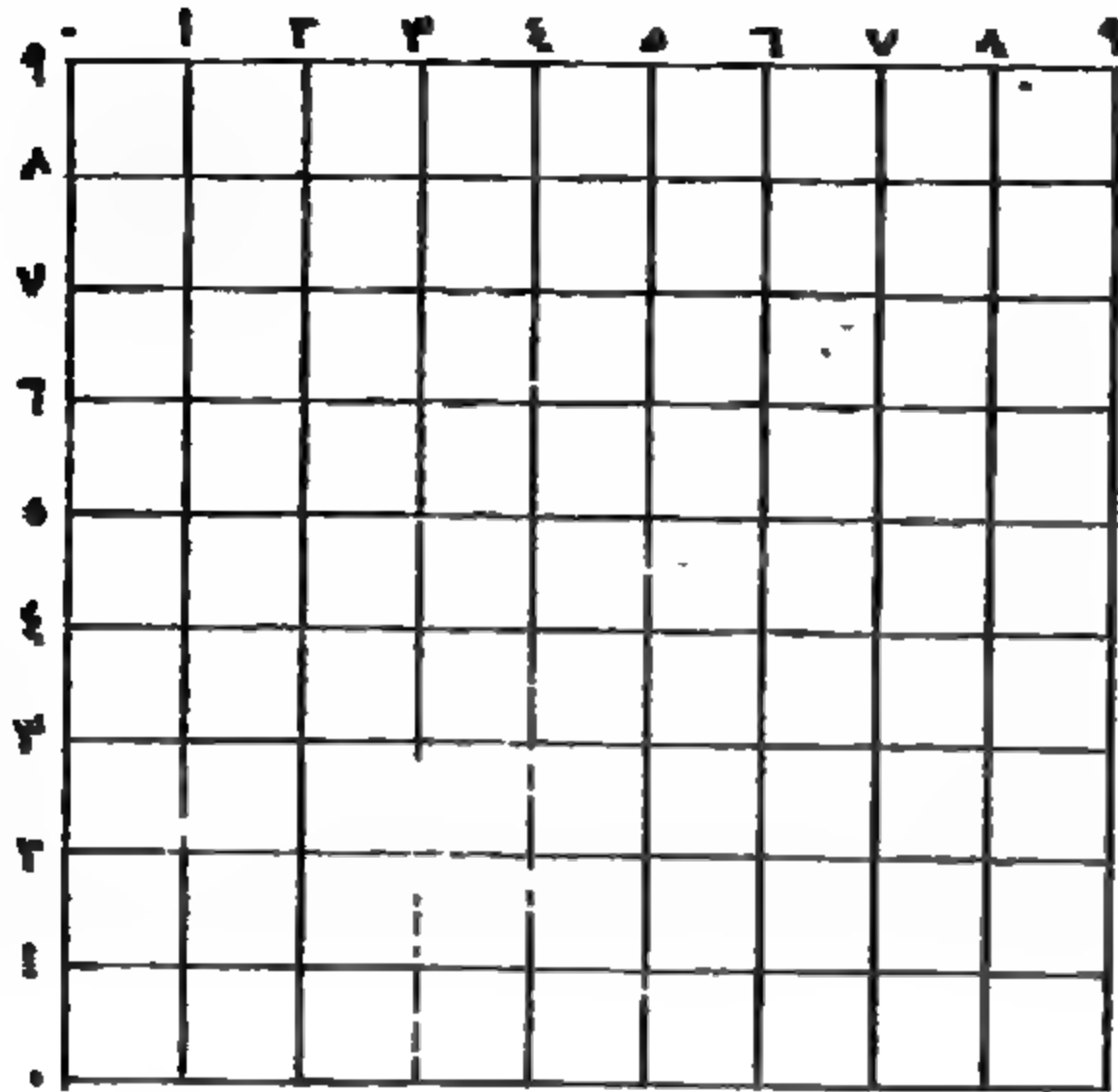
رابعا - حينما لا ينظر الى ضار الطريقة الآتية يجري استعمالها وهي ان تطبق المسودة على فرخ الورق الذي يراد نقلها عليه وبواسطة ابرة تثقب النقاط الاصلية الكافية لتوصيل خطوطها بسهولة وضع التفاصيل

بتلدد - اذا أريد تغيير مقياس الخريطة المقتضى رسمها عن مقياس المسودة بكيفية بحيث ان الاضلاع المتناظرة يكون بينها هذه النسبة $\frac{1}{2}$ مثلا فيبتدأ برسم عدة مربعات على فرخ الورق تكون نسبة أضلاعها الى أضلاع المربعات المرسومة

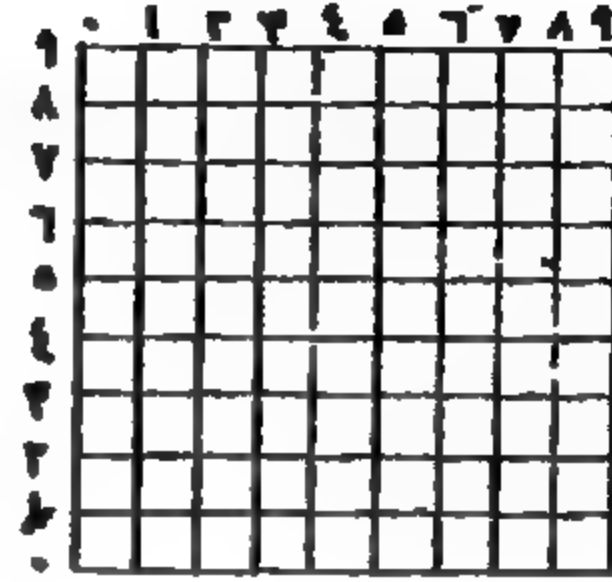
على المسودة كالنسبة $\frac{1}{2}$ - (شكل ١٢٧)

ثم يجري العمل في رسم التفاصيل كما سبق مع تحويل الاطوال التي تؤخذ بالبرجل أو بالاحداثيات من المسودة الى النسبة المتقدمة

ويستعمل لهذا التحويل إما زاوية التناسب أو برجل التناسب اللذان سنوضح انشاءهما واستعمالهما * ومن الواضح انه اذا كان مقياس الرسم الاصل هو $\frac{1}{1}$ والتحويل



شكل ١٢٧



أجرى بنسبة $\frac{1}{M}$ فيكون مقياس الرسم المستجيد هو $\frac{1}{M}$ لان في الحالة الاولى المتر من الورق مقابل لامتار قدرها M من الارض وفي الحالة الثانية فان هذه الكمية من الورق تكون مبينة لطول أكبر من المتقدم بقدر (M) هو اى تكون مبينة لامتار أرضية قدرها $M \times$

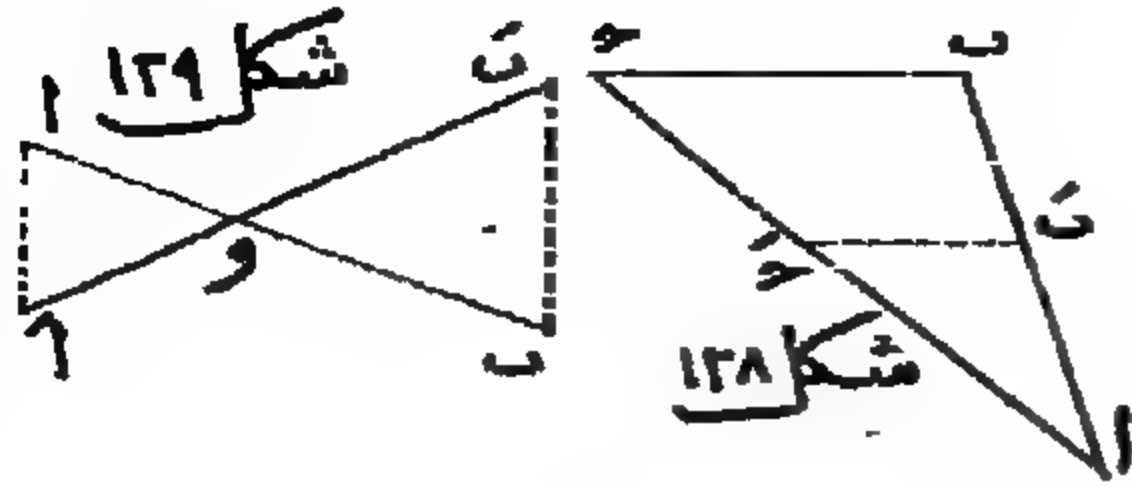
بـ ١٢٣ - لاجل انشاء زاوية التناسب يؤخذ على ضامى زاوية حيثما اتفق $أ ب ح$ (شكل ١٢٨) طولان مثل $أ ب$ و $ب ح$ تكون النسبة بينهما كالنسبة $\frac{1}{M}$ أى التناسب المقتضى التحويل اليه ثم يتم المثلث بوصل $أ ح$ ثم تدم موازيات الى $ب ح$ بحيث تتكون سلسلة من المثلثات المتشابهة رؤسها مشتركة في نقطة $أ$ وحينئذ فن الواضح أنه اذا ساوى ضلع من أضلاع المسودة بعد $أ$ مثل $أ ب$ فان الضلع $ب ح$ الممدود بالتوازي الى $ب ح$ يكون هو المطلوب وذلك لان

$$أ ب : ب ح :: أ ب : ب ح :: ١ : M$$

بـ ١٢٤ - برجل التناسب يتركب من فرعين $أ ب$ و $أ ب'$ متقاطعين في نقطة و يكون بهما محور دوران شعبيته بحيث يكون $أ و ب = أ و ب' = ب و ب'$ كما في (شكل ١٢٩)

وفي هذه الآلة الخط الذي يوصل $أ$ و ١ يكون دائماً موازياً الخط الذي يوصل

$ب$ و $ب'$ ويكون

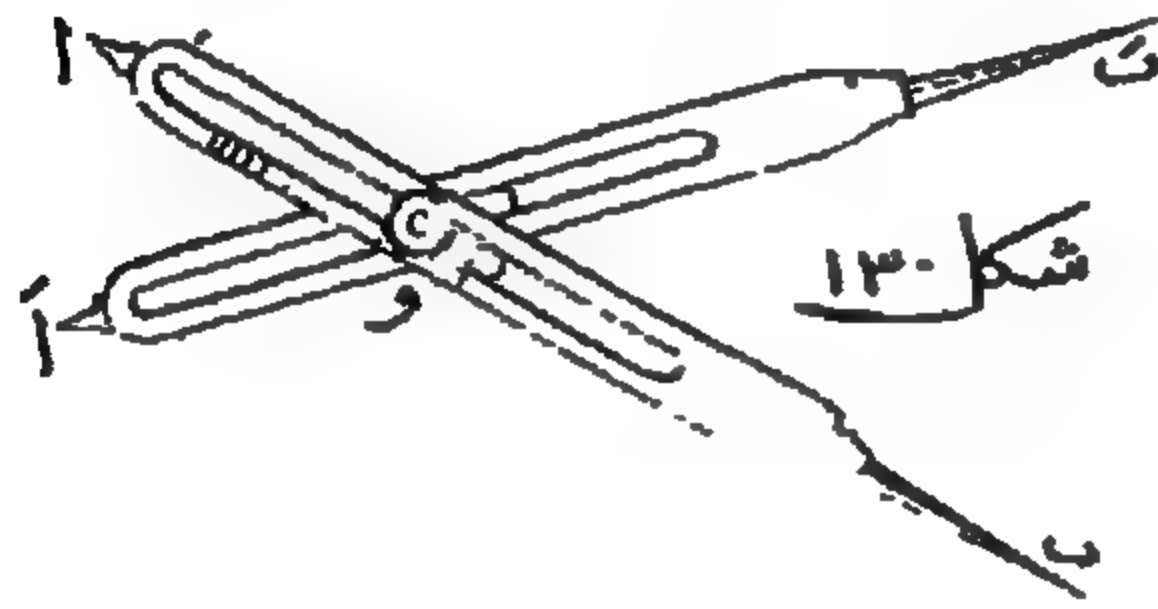


$$١١ : ب ب' :: أ و : و ب$$

و ينتج من هذا أنه إذا كان $ب ب'$ طول ضلع من المسوطة يكون ١١ هو المناظر له

على الخريطة المنقولة متى كان بين $أ و و ب$ النسبة المعلومة وهي $\frac{١}{٣}$ (أي النسبة بين المقياسين) ويحصل على هذه النسبة بسهولة بإنشاء الآلة الميمنة (بشكل ١٣٠)

فالحامل و الذي يفصل فتحتي البرجل يتحرك في شباك كين طوليين بحيث يمكن انزلاقه



فيهما حسب الارادة والفرعان

مدرجان بحيث متى ثبت

الدليل الموجود بالحامل على

أحد الاقسام تكون النسبة

بين $أ و$ و $أ ب$ كالنسبة

$\frac{١}{٣}$ و $\frac{١}{٤}$ و $\frac{١}{٥}$ الخ حسبما يكون الدليل أمام غرة ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ الخ وفي الآلات المضبوطة يتحرك الدليل على قضيب مسنن من الوجه الداخل لحد فرعي البرجل

بشكل ١٣٥ - أحياناً يقصد نقل المسودة الى خريطة بحيث تكون نسبة مسطحهما الى بعضهما كالنسبة $\frac{١}{٣}$ (لابين الاضلاع المتناظرة) فإذا رمزنا حينئذ بحرفي $س$ و $س'$ لمسطحي المسودة والخريطة أو مسطحي جزأين منهما متناظرين ورمزنا بحرفي $أ$ و ١ للاضلاع المتناظرة في كل منهما فيتضح من الهندسة العادية ان

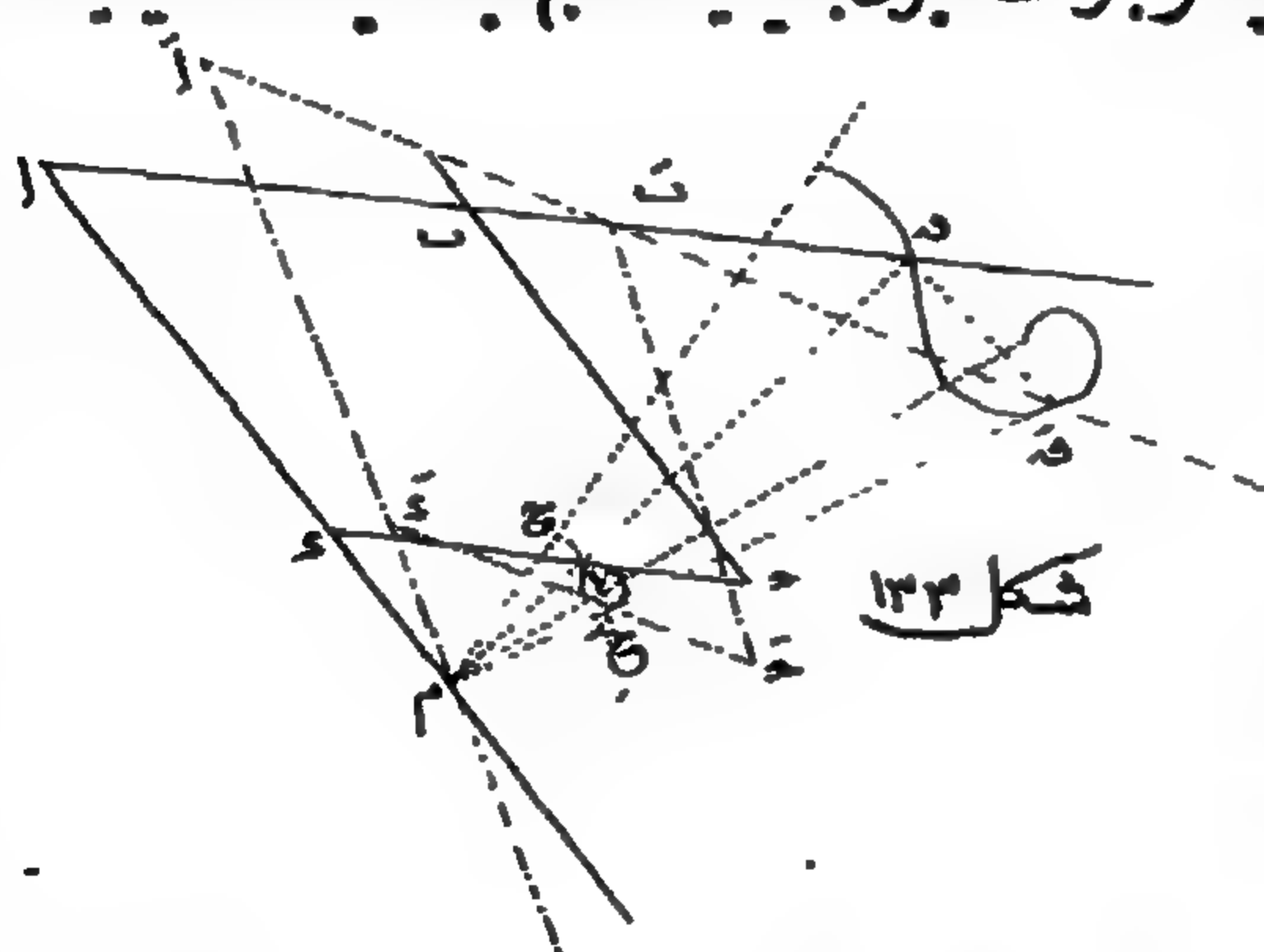
$$س : س' :: ر أ : ر أ' :: ١ : ن ومنها \frac{١}{ن} = \frac{س}{س'}$$

وترجع حينئذ المسألة الى تعيين الضلع $أ$ بواسطة الضلع المناظر له ١ بحيث تكون

لكل من $س$ و $ص$ بتحقيق وجود الثلاث نقط $ع$ و $م$ و $و$ على استقامة واحدة لكل
جمله من المقادير

١٣٨ د - بعض القابريقات تضع المركز الثابت في نهاية المستقيم $و م$ أعنى على الفرع
الخارج $أ$ وتضع القلم الرصاص حيث تدق النقطة المتوسطة لمسطرة $و د$
ومن الواضح أن هذا الوضع لا يؤثر أصلاً على الاعتبارات المتقدمة وأنه في هذه الحالة يلزم
أن تستعمل الآلة لتصغير الرسومات كما يتضح من (شكل ١٣٣)

والحسابات المتعلقة بتدريج البتروجراف تجري بكيفية مشابهة بالكيفية للكيفيات
السابقة ويوجد بدون صعوبة
أنه بالنسبة لمقادير $أ$ و $ب$ تكون
مقادير المتغيرين $س$ و $ص$
مبنية بالقانونين



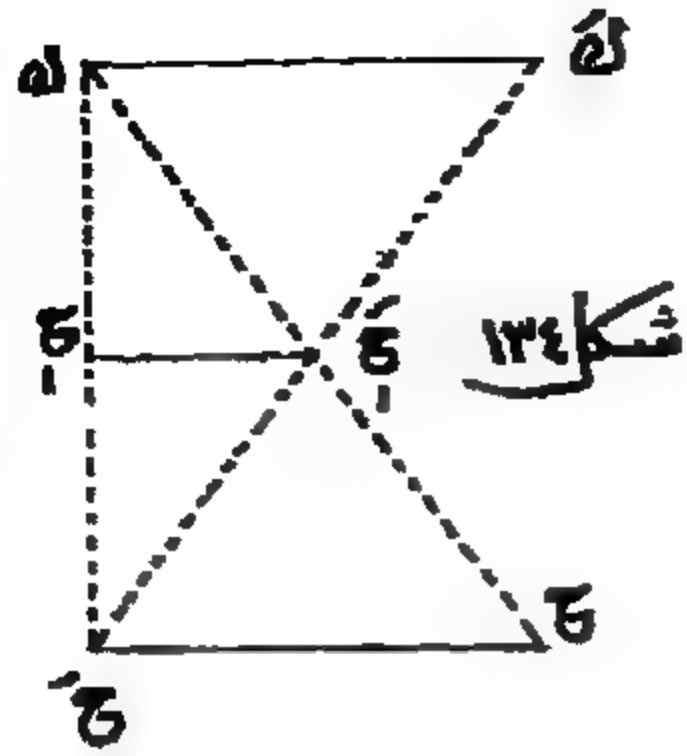
$س = \frac{ل}{م}$ و $ص = \frac{ب}{م}$
بفرض أن $\frac{ل}{م}$ هو معامل
جديد للتحويل

١٣٩ د - يمكن تركيب بعض الآلات على حسب الوصفين السابق ذكرهما في آن
واحد ويمكن استعمال عملية قسمة واحدة في كل من الطريقتين وحقبة يشاهدانه
بمساواة مقدار $س$ أو مقدار $ص$ تكون الكمية $م$ و $م$ مرتبطين
بالارتباط $م = ١ + م$

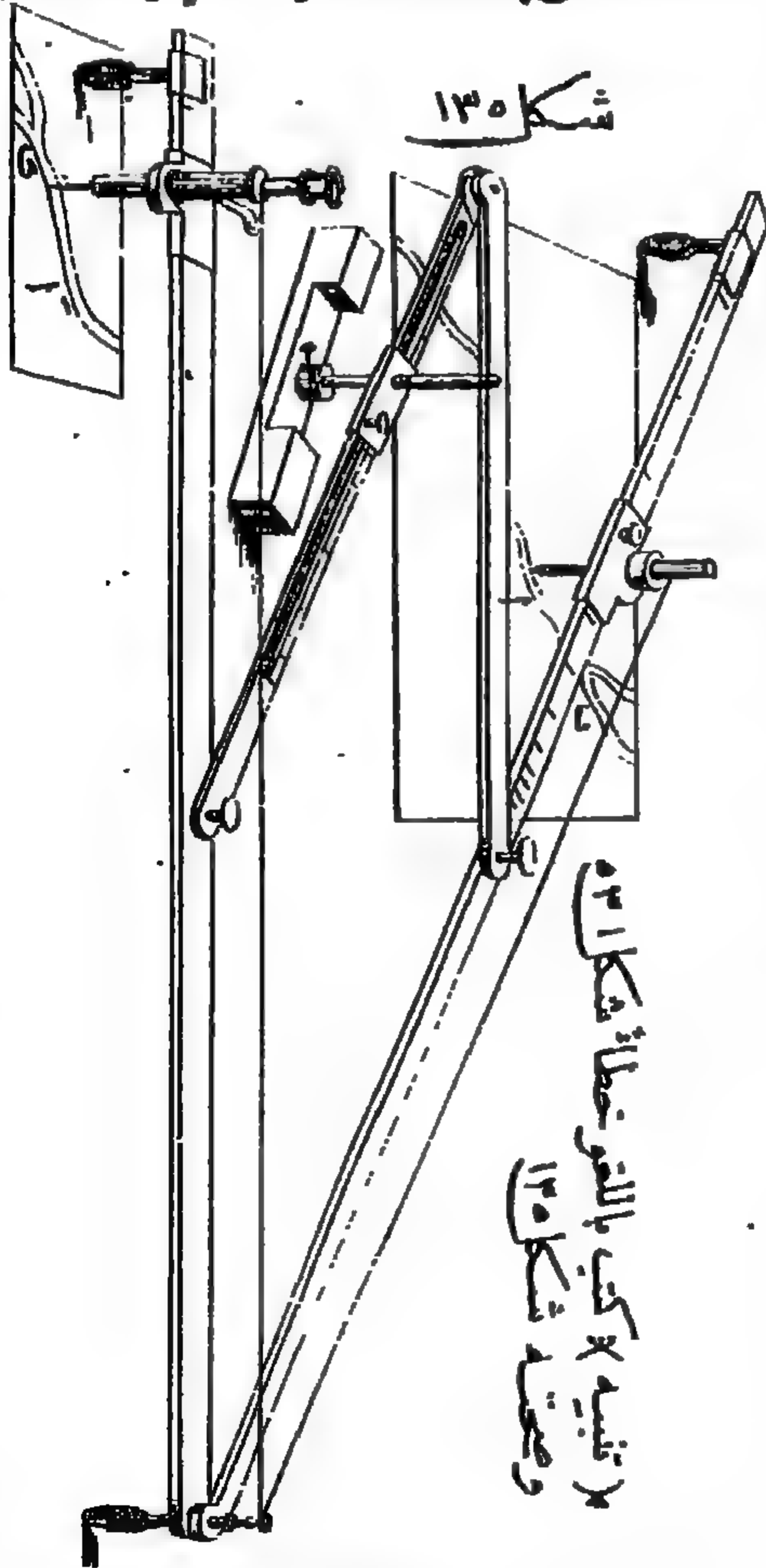
أعنى أن عملية القسمة التي تحدث اختصاراً بـ $\frac{ل}{م}$ بواسطة الحامل الموضوع بين
الخريطة المنقولة والمسودة ينشأ عنها اختصار قدره $\frac{ل}{م+١}$ متى وضعت النقطة الثابتة
على الفرع الأكبر

ويمكن إيجاد هذا الناتج باعتبار هندسية فقط لأنه إذا كان $ك$ هو المسار المقطوع
بالقلم الصلب على المسودة يكون على خريطة النقل هو $ع$ في الحالة الأولى و $ع$ في
الحالة الثانية كما في (شكل ١٣٤) والثلاثة خطوط $ك$ و $ع$ و $ع$ تكون
متوازية وحينئذ يكون

ع : ك : ١ :: م : أيضا
 ع : ك : ع :: ع : ع : ك حيث يكون
 ع : ع : ك : ١ :: م : م : منه
 ع : ع : ع : ع : ك : أوع : ك : ١ :: م : ١ +
 وكذا ع : ع : ك : ع : ع : ع : ك ويكون
 ع : ع : ك : ١ :: م : ١ +
 وهو ناتج موافق للذي ذكر سابقا



بنظري - وهالك رسم ينتج براف مصنوع بالمطابقة للحالتين الأخيرتين وهو المقبول



فالحامل الثابت هو في هذه
 الحالة بين النقطتين المتحركتين
 وبسهولة تميز الارتباط التي
 يوضع فيها القلم الصلب والقلم
 الرصاص والمجالات مولفة
 بواسطة مقاريص على نهايات
 الاذرع الخارجية للآلة
 والتلييسة التي بها يمسك القلم
 الرصاص بحفرة بتجويف
 يوضع فيه شيء يكون ثقيلًا
 أو خفيفًا مع الصلابة القلم
 الرصاص ولتخفيف الخطوط التي
 يراد رسمها (شكل ٥٣١)

والخط المبين بخط متصل
 بمشابك الحامل يربط في الجزء
 الاسفل لتلييسة القلم الرصاص
 ويحترقها بحيث يمكن به رفع أو
 خفض هذه التلييسة بمعنى ان

الرسم بداوم على مسك النهاية الثانية من الخيط بحيث يستند القلم الرصاص وليتجنب رسم الخطوط التي ليس لها الزوم على الخريطة عندما يراى درفع القلم الصلب من نقطة الى أخرى على المسودة

والحامل الرأسى يخترق أيضا الفرع الذى ينطبق عليه ويربط من جزئه الاسفل بكتله من الرصاص مزينة من أسفل بحرب من الصلب قليلة الامتداد حادة جدا بها يتحقق من ثبات البنتوجراف وبالجمله قيريمات الربط تنزلق على ثلاثة مشابك بها توقف الحركة حينما يكون البنتوجراف موضوعا وضعا موافقا

ويلاحظ انه يوجد جملتان من التماسيم مرسومتان على قرع البنتوجراف الموجود بهما الحامل والقلم الرصاص احدهما تسعمل لتحويل الرسم حينما تكون النسبة بين الاضلاع المتناظرة معلومة والاخرى حينما تكون النسبة بين السطوح هي المعلومة وقد قررنا ان التدريج يعمل بكيفية واحدة متحدة فى كلتا الحالتين وانه اذا كانت نسبة السطوح هي $\frac{1}{2}$ فان نسبة الاضلاع المتناظرة تكون $\frac{1}{4}$

بالمثال - يلاحظ ان الضبط يقل متى كان القصد النقل من مقياس معلوم الى مقياس أكبر منه ومع ذلك اذا كان هذا النقل لازما فتعكس هذه العملية ويكفى لذلك ان يبدل القلم الصلب بالقلم الرصاص وبالعكس مع وضع الدليل الموجود بالمقراص على الاقسام المختارة وبذلك تحصل النسبة عكسيا

بالمثال - متى كان الرسم كبيرا يستدعى نقل البنتوجراف مدة سير العملية يلزم قبل نقله ان يرسم على المسودة وعلى الخريطة المنقولة خطان ثابتان متناظران مثل اب و ا ب' وبعد نقل الآلة للوضع المستجدي يوضع القلم الصلب على النقطة ا من المسودة وتجعل النقطة ا من الخريطة المنقولة تحت سن القلم الرصاص ثم تبعد الآلة قليلا لتغرس ابرة فى نقطة ا ثم يوضع القلم الصلب على نقطة ب وتحرك الخريطة المستجدة حول الابرة المغروسة فى نقطة ا الى أن تأتى نقطة ب منها بغاية الضبط تحت القلم الرصاص فيثبت كل من المسودة والخريطة المنقولة ويداوم على تميم الرسم

(رسم الخريط المتقولة أو المسودات وتبييضها)

- بـ ١٤٣ - تبييض الخريط بتركب من ثلاث قواعد
 الاولى - الرسم الخطي وهو يشتمل على خطوط توضح الحدود الحقيقية للتفاصيل وتبين
 بألوان متق عليها ويدخل ضمنها القطاعات الافقية التي تهي شكل الارض
 الثانية - الالوان الاصطلاحية التي تتضح بها الاشياء الحقيقية للتفاصيل
 الثالثة - الكتابة التي بها يستدل على أسماء الاشياء المختلفة المبينة على الخريطة
 ومسنو ضح هذه القواعد بالتوالي انما تنبه أولاً على ان ضبط الخطوط الذي يتبع نظافة
 الرسم بالقلم الرصاص له أهمية عظيمة في تبييض الخريط
- بـ ١٤٤ - ألوان الخطوط - يرسم باللون الاحمر جميع محيطات العمارات كالتنازل
 والمحيطان والقناطر وحافات الترويات وبألوان الازرق حافات المياه وبالسود
 والازرق قضبان السكك الحديدية وبالسود حدود الطرق العمومية وحدود
 المزارع والقناطر والحواجز التي من خشب وبالاخضر الاشجار المحددة للحدائق
 والبساتين والزريات والاشجار المنعزلة وأحياناً يستعمل اللون المسمى باللغة الفرنسية
 Terre de Sienne brûlée (أرض سينا محترقة) لرسم القطاعات
 الافقية وأرقامها وجميع الخطوط التي فيها تتغير الميول وكذا يستعمل في الهواشير
 وشوات التربة اللون المسمى بالفرنساوية Ocre brune (اهرة غامقة)
- بـ ١٤٥ - تختار الخطوط المتصلة والمجزأة على اختلاف أنواعها - في جميع المقاييس
 لاتستعمل الخطوط المجزأة الا في الاحوال الآتية
 أولاً - يستعمل لحدود الطرق والمدقات وحدود الاراضي الغير زروعة والمحتمل
 زرعها ولكافة الحدود الاخر خطوط مجزأة عادية ثخينة
- ثانياً - تستعمل لبيان الاشياء التي تكون تحت الارض خطوط مجزأة ثخينة يكون
 لونها احمر للسرايب المبنية من الحجر ويكون لونها أزرق للقناطر الحاملة فوقها مجاري
 مياه وأسود للمجاري ورش المعادن التي من خشب
- ثالثاً - تستعمل لتبين القطاعات الافقية ان كانت موجودة أجزاء طويلة رفيعة
- رابعاً - تستعمل لخطوط تغيرات الميول أجزاء قصيرة رفيعة

خامسا - يستعمل للقطاعات الأفقية التي تعمل احتياطية أجزاء رفيعة جدا وهذا جميعه في المقاييس التي هي اكبر من $\frac{1}{100}$ وبقية الخطوط في هذه المقاييس تكون متصلة

اما ان كان المقياس أصغر من $\frac{1}{100}$ فتستعمل الخطوط المجزأة لرسم الطرق العمومية $\frac{1}{100}$ - ثخن الخطوط - يلزم في الغالب لوضوح الخريطة تثخين الخطوط بالنسبة لاهمية الاشياء الموجودة بها يجعل الخطوط الدالة على أشياء واحدة بثخن واحد وفي المقاييس الكبيرة يمكن ان يختار ثلاثة أنواع من الخطوط بنسبة الثخن فارفعها يستعمل لتحديد المزارع واوسطها يستعمل في المدقات والسكك العادية وحدود المساكن والمياه والثلج يستعمل في تبيين الاحرف الداخلة للطرق الاصلية والسكك الحديدية

ويحتاج غالباً لرسم خطوط تكون أثخن من الخطوط المتقدمة وذلك في حالة وجود حد له سمك ظاهر لا يمكن تبيينه في المقياس بخطين فالتخشب التي توضح الطرق تين بخط ثخين متصل أو مجزء يعمل عليه عدة نقط مربعة تدل على مواقع الاخشاب الساندة لهذه التخشب وتكون المسافة مصطلحا عليها بالنسبة لكل مقياس بحيث انه مهما كانت الخيطان فانما بالابتداء من مقياس $\frac{1}{100}$ فصاعدتين بخط واحد ثخين آخر وأيضاً متى كان بالخريطة خلجان لا يمكن تبيين عرضها بخطين بالنسبة لصغر المقياس فانها تين بخط واحد ثخين أزرق وبما أنه لا بد من ان يوجد على الخريطة الواحدة خلجان أهم من غيرها فيصير تبيين الاهم فابعد بخطوط يختلف ثخن اقل سلا حسب الاهمية وأيضاً متى كان المقياس صغيراً فانه يلزم ترفيع الخطوط الثخينة المبينة للخلجان بالقرب من منابعها

$\frac{1}{100}$ - في المقاييس الصغيرة تين الحفر أو الخنادق بخط واحد ثخين أزرق أو سيبا تبعاً لكون الحفرة مياه أو ناشفة

$\frac{1}{100}$ - عرض الطرق العمومية - متى كان المقياس كبيراً للغاية $\frac{1}{100}$ فان جميع الطرق تين على الخريطة بعرضها الحقيقي محولاً الى المقياس مع بيان جميع التفاصيل الموجودة بها كالترويات وبيوت الادب والخنادق الخ ومع ذلك ففي

مقياس $\frac{1}{1000}$ يوافق أن يزداد ثلث مليمتر تقريبا على عرض السكك بعد تحويلها الى المقياس سواء كانت طرقاً أو سككاً ومدقات بحيث أن المدقات العمومية التي تكون ضيقة تبين على الرسم بخطين متصلين متباعدين عن بعضهما بقدر نصف مليمتر من محور خط الى محور الآخر لكن في هذا المقياس ومادونه عند مرور الطرق داخل البلاد تبين بعرضها الحقيقي لانه لو حصل تعريضها داخل البلاد لنقصت أبعاد التفاصيل المجاورة لها

ومتى كان المقياس $\frac{1}{1000}$ أو أقل فإن عرض الطرق بعد تحويله الى المقياس يكون صغيراً جداً فينتد لأجل وضوحها يعطى لها عرض اصطلاحى (متى كانت خارجة عن المساكن) بحيث يتضح به أهميتها وذلك باستعمال خطوط متصلة وخطوط مجزأة (وتهمل هذه الحالة في الخريط المساحية)

وفي هذا المقياس تبين السكك العمومية والطرق الأصلية بخطين تخينين متباعدين عن بعضهما بقدر ١٣ مليمتر معصوين بخطين رفيعين وكذا سكك البلاد والطرق الثانوية تبين بخطين أحدهما تخين والآخر رفيع متباعدين عن بعضهما بقدر ١٣ مليمتر معصوين بخطين رفيعين والطريق المساعدة والدروب تبين بخطين فقط أحدهما تخين والآخر رفيع متباعدين عن بعضهما بقدر واحد مليمتر والسكك المجاورة متى كانت محجرة لكنها غير منتظمة فانها ترسم بخط متصل وخط مجزأ متباعدين عن بعضهما بقدر ٧ مليمتر والسكك الصناعية الغير محجرة تبين بخطين مجزأين متباعدين عن بعضهما بقدر ٧ مليمتر أيضاً وأما المدقات فانها ترسم بخط واحد تخين جدياً يكون متصلاً أو مجزأ تبعاً لكون هذا المدق معداً لمرور الحيوانات عليه أو مختصاً بالآدميين فقط

١٤٩ د - في شواطئ الأتربة - الشواطئ الصغيرة الغير قائمة للجسور أو مجارى المياه أو على العموم الأتربة التي تكون بارزة عن سطح الأرض متى كانت متهايلة من نفسها فانها ترسم في جميع المقاييس مهذرة بلون (أهرو غامقه) تكون متجهة في اتجاه الخط الأعظم ميسلاً بحيث أن تدرج اللون يكون من رأس الشواطئ الى قاعدته وأحياناً بشكل رأسها بخطوط رفيعة مجزأة باللون المذكور

وحتى كانت هذه الشوات من الصخور فانهاتين بهواشير أفقية متقاطعة بالتعامد بخطوط
رملية (أعني أن الشوات المحتوية على صخوراً والأتربة البارزة ترسم بهواشير أفقية
مختلطة مع هواشير تجهة على حسب اتجاه الخط الأعظم ميلاً) والخطوط الأفقية تكون
من أزرق نيلي أو من اللون المسمى بالفرنساوية Teint neutre مقطعة بخطوط
ملونة بلون (أرض سينا محرقة) بثخن جزؤها الأعلى

بـ ١٥٠ - الشوات البارزة للترع والسكك الحديدية - ترسم هذه الشوات في المقاييس
الكبيرة طبقاً لاصطلاحات رسم الاستحكامات بأن يعنى بعمل خطوط ثخينة في الرأس
كثيراً عن جهة القاعدة وفي خرط التبييض ترسم الشوات عادة بالخبر الصيني مع تدرج
اللون من رأس الشوات نحو القاعدة ثم يوضع عليها لون أخضر خفيف أو (أرض سينا
محرقة) تبعاً لكون هذه الشوات هي شوات حفر أو ردم وفي المقاييس التي هي أقل
من ١:١ ترسم هذه الشوات بهواشير لونها (أهراء غامقة) مثل شوات الأتربة

بـ ١٥١ - تفاصيل الردم في المقاييس المختلفة - قد يتفق أن المقاييس تصغر
أحياناً الردم بحيث لا يمكن تمييزه بالخريطة فمثلاً مقياس ١:١٠ لا يمكن فيه تبيين
مسطح الترع وفي مقياس ١:١٠٠ تعدم الشوات القليلة الارتفاع فتبين بخط واحد
يدل على نهاية أتربتها

بـ ١٥٢ - ميل أجناد حيطان التكسية - ميل أجناد حيطان التكسية
لا ترسم إلا في مقياس ١:١٠ وأحياناً ترسم في مقياس ١:١٠٠ متى أمكن بيانها
بوضوح وأما في المقاييس الصغيرة فإن حيطان التكسية تبين بخط واحد ثخين أحمر
بخلاف الحيطان المنعزلة التي تكون أسما كها كبيرة فانهاتين بخطين لغاية ما يكون
المقياس ١:١٠٠٠ وبعلامتين هذين الخطين بالفرشاة باللون الأحمر الخفيف وفي مقياس
١:١٠٠٠ تبين الحيطان ذات القصات بخطين أو ثلاث خطوط جرمتباعدة عن بعضها
بحيث يكون الرسم ظاهراً وحيثئذ فالخطان الخارجان يكونان قليلي الثخن لأن أحدهما
يكون هو عبارة عن الجنب المكسّى والآخر هو الحرف الداخل ويكون خط الجنب
الداخل أرفع من الآخر ثم علاماً مسافة ما بين الخطين باللون الأحمر

وأحيانا يجري العمل بهذه الكيفية في مقياس $\frac{1}{10000}$ لكن في الغالب يرسم في هذا المقياس خطان أحدهما غليظ والآخر دقيق

١٥٣ د - المنازل التي من البناء أو من الأخشاب - ترسم الدوائر الخارجية للمنازل بخطوط حمر متى كانت المنازل مبنية بأحجار وبخطوط سود متى كانت من أخشاب أو من (لبن) طوب في داخل البناء يلون باللون الأحمر الخفيف أو بالأسود الخفيف والدوائر يكون مخططا بخطوط من جنس الألوان المذكورة انما يكون تخيلا في الجهة المقابلة للضوء بحيث يفرض دائما ان هذا الضوء من الزاوية الشمالية العليا المستطيل الخريطة والخطوط الظاهرة المذكورة بها يتضح لون دائرة المنزل وطبيعة البناء وبها أيضا تنتهي الخريطة

وحينما تكون هذه المحيطات حدودا تجريبات فتحدد بها يكون بخطوط مجزأة بالأحمر أو الأسود بالنسبة لحالة البناء المتخرب ومع ذلك فلا تلون من الداخل وكذا في المسطحات لا يبين على الخريطة إلا الدوائر العمومية لأسوار المساكن التي تكون بجوار بعضها بدون تمييز حدود الأملاك ويكون الأمر كذلك في البلاد ما عدا حالة ما يكون المستعمل هو مقياس $\frac{1}{10000}$ في رسم دائرة الحدائق الداخلة في بعض المساكن المهمة

ومتى وجدت عمارات عمومية يرسم دوائرها بخطوط انحن من غيرها وفي مقياس $\frac{1}{10000}$ ترسم الأحرف الأصلية للجماعات بخطوط سود رفيعة بفرض ان الضوء آت كما تقدم من الزاوية الشمالية العليا

١٥٤ د - الأبار والينابيع - الأبار تبين على الخط بدوائر حمر عملا باللون الأزرق وتبين الينابيع والحنفيات عمومًا بدوائر صغيرة ملونة باللون الأزرق

١٥٥ د - حدود القياسات - تبين نهاية الكيلومترات أو الأميال المقيسة بمسكة بنقط مربعة حمر ويكتب عليها أيضا عمدة الكيلومتر أو الميل

١٥٦ د - المشايخ المنعزلة - ترسم الأضرحة المنعزلة بدوائر حمر مما سلفها من الجهة العليا قوس أحمر على هيئة الهلال

الصلبان المنعزلة - الصلبان المنعزلة تين بمربع صغيراً حراً داخله صليب أحمر وأزرق
أو أسود بحسب كون الصليب من البناء أو من الحديد أو من الخشب

بـ ١٥٧ - الأشجار - متى كانت الأشجار منعزلة فانه تبيين اما بدائرة صغيرة بلون
أخضر خفيف في حالة ما يكون المقياس كبير الغاية بـ ١٥٨ - واما بنقط خضرمضى كان
المقياس صغيراً ثم ان كبر وتباعده هذه الدوائر وأهذه النقطة يكون متعلقاً بحالة
ما اذا كانت الأشجار بالحرف الطرق أو الحدائق أو على شواطئ الخلبان فاصطلاحها
في المقاييس المختلفة يكون بحسب امتداد خط الأشجار بحيث يلاحظ عدم اختلاط
الأشجار بخطوط مجزأة

وفي الاراضى التى تكون زراعتها الاصلية هى الأشجار ذات الفواكه بحيث ان
غرسها يكون منتظماً بان تكون فى رؤس التراسيع المكوّنة من خطوط موازية لا طول
ضلع من السطح فرسمها على الخريطة يكون بهذا الوضع بخلاف الأشجار المنعزلة التى
تكون بالمزارع فانها لا تكون منتظمة الابعاد عن بعضها فى الرسم كما ان حقيقتها
تكون كذلك

وفي مقياس بـ ١٥٩ فادونه فان الأشجار التى تكون على الطرق ترسم دائماً خارج
الخطوط المحدودة سواء كان الطريق جسراً عموماً أو جسراً يصعب خنقه أو يلزم الاعتناء
بوضع كل اثنين منها على خط واحد عمودى على المحور كما ان الأشجار التى تحيط بخلجى ابدل
وضعها بالهيئة المنتظمة توضع بحيث تكون أشجار كل شاطئ فى مقابلة الفواصل بين
أشجار الشاطئ الثانى

الباب الثالث

فى أخذ مساحات الاراضى

بـ ١٥٨ - قبل أخذ مساحة أى ملك يلزم جوبه لمعرفة محيطه
ومحيط الملك هو خط مستمر مستقيم أو منحني أو مختلط يفصله عن الاملاك المجاورة له
ويسمى حداً وقد تكون الحدود ثابتة أو مؤقتة
فالحدود الثابتة كالخنادق والحيطان والطرق ومجارى المياه والزيارات وغيرها

ومتى وجدت زريبات أو خنادق أو حيطان فتعتبر تابعة لكل من المالكين بالمناصفة أما
ان كانت تابعة لاحد المالكين فتضم عليه وحده

أما الطرق العمومية والانهر الملاحية وترع الري العمومية فانها تكون حدودا طبيعية
وكل حرف منها مجاور لملك فانه يحتده (أعني تكون خارجة عن زمام كل من المالكين)
والحدود المؤقتة هي الموصلة بين كل ترويسين

والتراويس هي أبحار كبيرة تغرس بالارض من مسافة الى أخرى لتحديد الخط الفاصل
للمالكين متجاورين ويعتبر الحد بين كل ترويسين متواليين كانه خط مستقيم

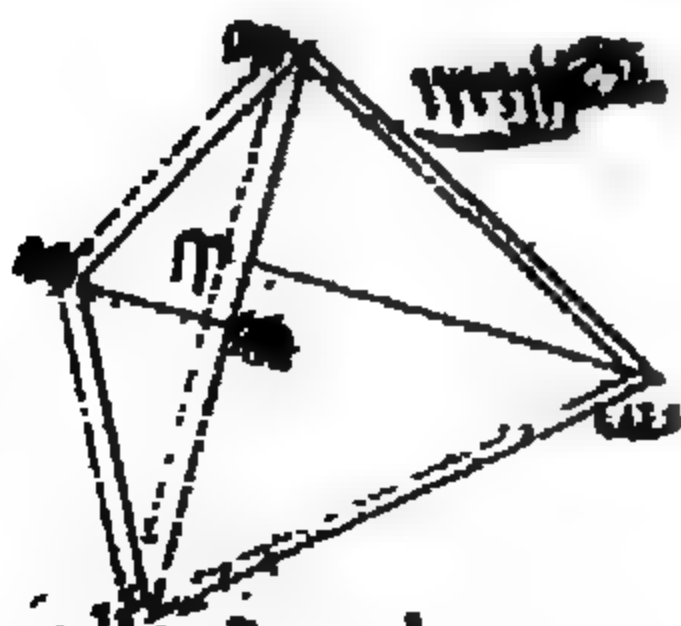
فعلى ذلك لتحديد أى ملك توضع تراويس في رؤس المصراع المحدد للارض وتوضع تراويس
أخرى مساعدة في الخطوط الطويلة جدا وكذا في الاراضى ذات التعاريج

ويلزم أن نطبق أخذ المساحة أولا على كثيرات أضلاع يكون عددا ضلعاها قليلا ثم على
مساحة الاراضى الكبيرة التى محيطها ذو امتداد عظيم والمعرجة وأخيرا على الحالة التى
يكون فيها المحيط مكوّن من خطوط منحنية

(تنبيه) - يقسم أى ملك يقصد عمل مساحته الى مستطيلات ومثلثات قائمة
الزوايا وأشباه منحرف

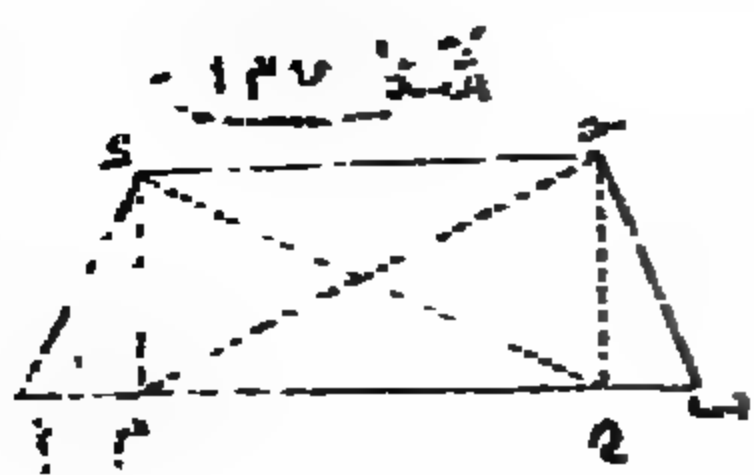
ومعلوم أن مساحة المستطيل تساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه ومساحة المثلث
تساوى نصف حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه ومساحة شبه المنحرف تساوى نصف
مجموع القاعدتين المتوازيتين في ارتفاعه ومساحة المثلث بدلالة أضلاعه أو بوجه تعلم
من هذا القانون

$$س = \frac{ك (ك - ا) (ك - ب) (ك - ج)}{4} \text{ الذى فيه ك } = ا + ب + ج$$



ن ١٥٩ - الاشكال الرباعية - الطريقة الاولى -
لتقدير مساحة الشكل الرباعى ا ب ج د بد القطر ا ح
وينزل عليه عمودا ب م و د من الرأسين ب و د
فتكون (شكل ١٣٦)

$$\text{المساحة} = \frac{د \times ا}{2} + \frac{ب \times ج}{2} = \frac{د (ا + ج)}{2} \quad (١)$$



اعني تضرب القاعدة المشتركة في نصف مجموع الارتفاعين
الطريقة الثانية - ينزل العمودان د م و ح على أحد
الاضلاع أب مثلاً فالشكل الرباعي يمكن اعتباره مركباً
من شبه منحرف ومثلثين قائمي الزاوية أي يكون (شكل ١٣٧)

$$\text{أ ب ح د} = \frac{د م \times د م}{٢} + \frac{د م \times ح د}{٢} + \frac{د م \times ح د}{٢} \quad (\text{ب})$$

ولتقدير أي شكل كان يركب من أشكال بسيطة كما في هذه المسألة

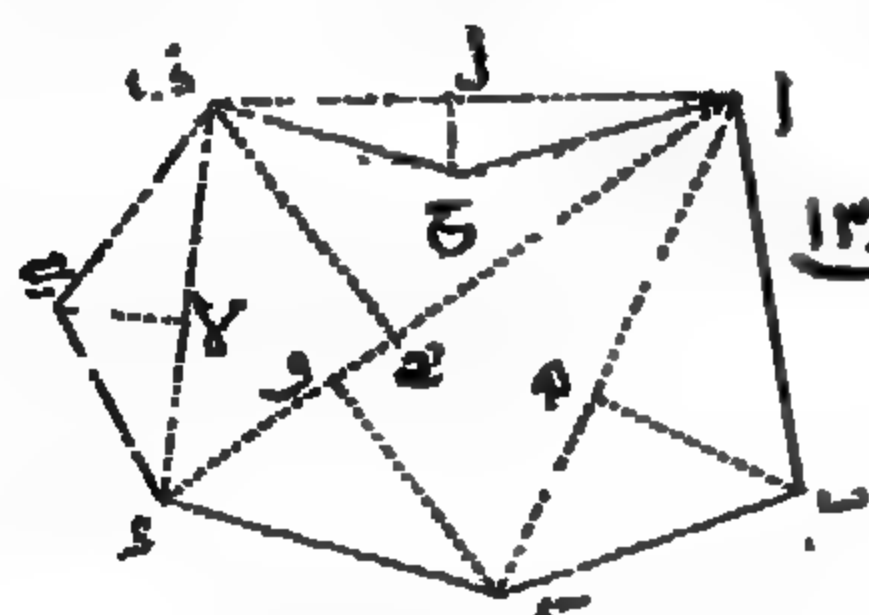
بالمثلد - المطلوب عمل مساحة قطعة أرض بواسطة الجزير

لذلك يؤخذ قطراً ومستقيم فاصل ماراً بنقطة داخله ويركب الشكل من مثلثات تقاس
أضلاع كل منها ويستعمل القانون

$$س = \frac{١}{٢} (ك - أ) (ك - ب) (ك - ح)$$

وهذه الطريقة وإن كانت تعطي نتائج جيدة حينما تكون الخطوط مقيسة بالضبط
والثاني إلا أنها تحتاج لحسابات مطوّلة فلا تستعمل إلا في المضامع التي عدد أضلاعها
قليل أو حينما لا يوجد آلات خلاف الجزير

بالمثلد - المطلوب عمل مساحة قطعة أرض أ ب ح د ع (شكل ١٣٨) بالجزير



ومثلث المساح لذلك تتركب الأرض من مثلثات

تقاس ارتفاعاتها فقط على الأرض

فمثلاً في المثلث أ ب ح يلزم أن يقاس كل من

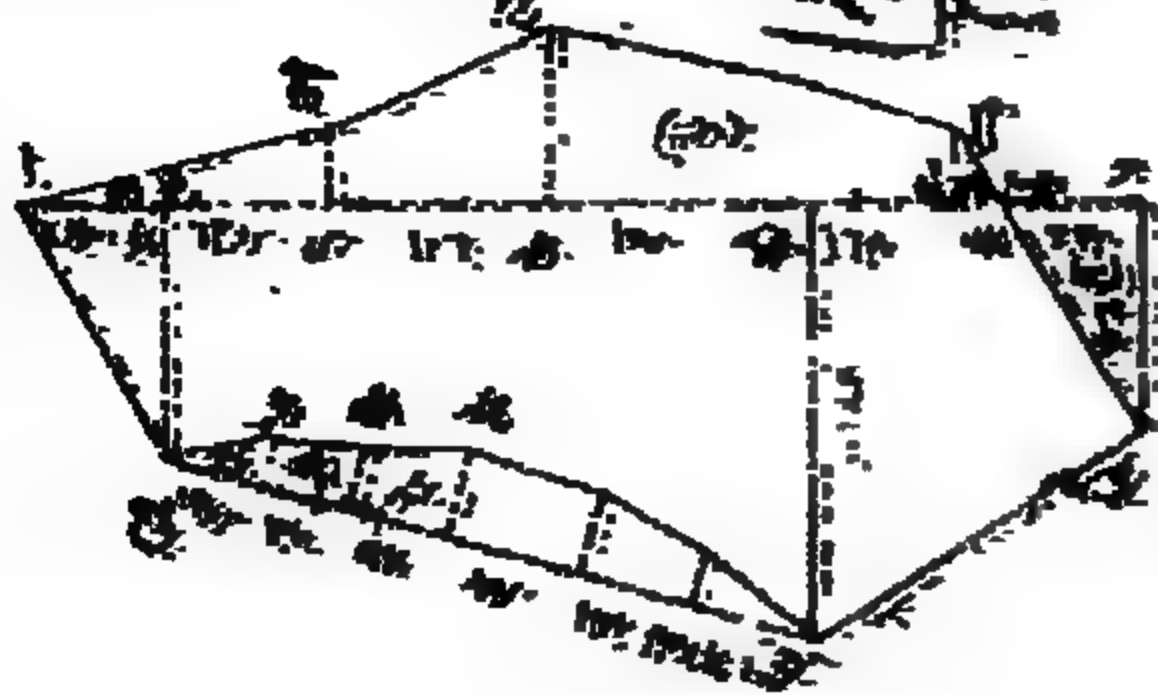
أ ح و ب هـ وبالرمز لسطح المضلع بحرف س يحدث

$$س = \frac{١}{٢} (أ \times ح + ب \times هـ + د \times ز + ع \times س + ف \times ل)$$

أعني يساوي مجموع الأربع مثلثات الأول ناقصاً منها المثلث الخامس

وهذه الطريقة قليلة الاستعمال لأنها تحتاج إلى قياس عدد كثير من الخطوط وإلى زمن
كبير لتحديد الارتفاعات المختلفة للمثلثات والاحسن استعمال اتجاه مشترك يمكن إقامة
عدة أعمدة عليه تمر برؤس المضلع المراد أخذ مساحته وتتركب الأرض حينئذ من
مثلثات قائمة الزوايا وأشياء منحرف ارتفاعاتها على الضلع المشترك والأعمدة المختلفة

أولاً - ان الضلع المشترك أ ب لم يؤخذ واصلاً بين رأسين من رؤوس المضلع مثل



أ و د لوجود موانع تمنع جوبه

ثانياً - قد استعمل الضلع الثاني

المساعد ف ح الذي نهايته مربوطتان

بالضلع المشترك الأصلي بإحداثيين

٣١ و ٥٧ لان الاعددة النازلة من النقط

و و ل و ق الخ على ف ح قصيرة جداً عن الاعددة النازلة من هذه النقط على الخط

المشترك الأصلي ان لم نقل بوجود موانع بين هذه النقط وخط أ ب

ثالثاً - الابعاد تكون مقيسة بنسبة نقطة أصل واحدة ف شبه المنحرف ب ارتفاعه

يكون ١٠٦ - ٦٣ أو ٤٣ متراً وشبه المنحرف ع ف ح هـ يكون ارتفاعه

١٥٠ - ٢٧ = ١٢٣ متراً وهلم جرا

رابعاً - يلزم على قدر الامكان عمل مذكرة على البعد ١٨٧ بين تقابل خط م د مع

أ ب بالابتداء من أ وأما اذا كانت الثلاث نقط م و ب و د على استقامة واحدة

فيستخرج البعد ل ح = ٢٢٠ - ١٦٥ = ٥٥ متراً ثم يقسم ل ح الى قسمين

مناسبتين بقدر اري العمودين ل م و ح لان مثلثي ب ل م و ب ح د المتشابهين يحدثا

$$\frac{ب ل}{ل م} = \frac{ب ل}{ل ح} \text{ ومنها } \frac{ب ل}{ل م} = \frac{ب ل}{ل ح} \text{ أو } \frac{ب ل}{ل م} = \frac{ب ل}{ل ح}$$

$$ب ل = ٥٥ \times \frac{٢٤}{٧} = ٢٢ \text{ متر}$$

$$\text{وبالمثل يوجد ب ح} = ل ح \times \frac{٥٧}{٥٧ + ٢٧} = ٥٥ \times \frac{٢٦}{٨٤} = ٣٣ \text{ متر}$$

خامساً - لايجاد مساحة قطعة الارض يلزم طرح مساحة المثلث ب ح د من

شبه المنحرف ح د ف ع وأيضا يلزم طرح مجموع الاجزاء و و ل و ق من شبه

المنحرف (ف)

وعادة تجمع المساحات اللازمة طرحها ويطرح مجموعها من مجموع المساحات الاخرى ويجري

الحساب بجدول لتسهيل العمل

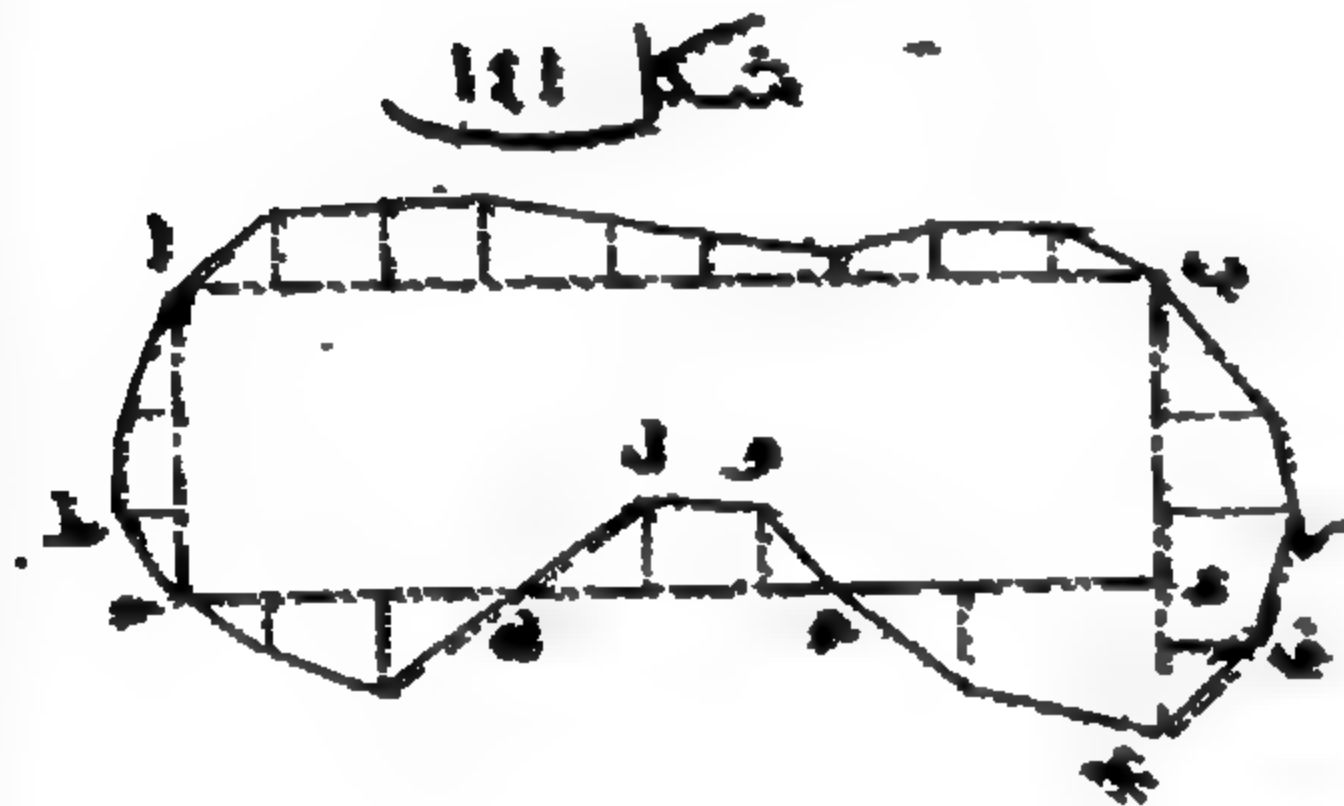
١٤٠ - لتجنب تطويل الاحداثيات الرأسية تنتخب اتجاهات متقاربة من محيط الشكل تربط ببعضها وتتكون عنها في الارض مضلع يصير مسجحه بالكييفية السابقة وكل ضلع من أضلاعه يعتبر اتجاهها مشتركا

ولتكن قطعة الارض ط ، محيطها معرج ذو ابعاد كبيرة فبعد انتخاب الضلع ا ب من المستطيل يقام عليه عمودا ا هـ و ب ع ويؤخذ ب د = ا ح فكل ضلع من أضلاع المستطيل ا ب د ح يستعمل كاتجاه مشترك ويتبع هذه الطريقة التنبهات الآتية وهي

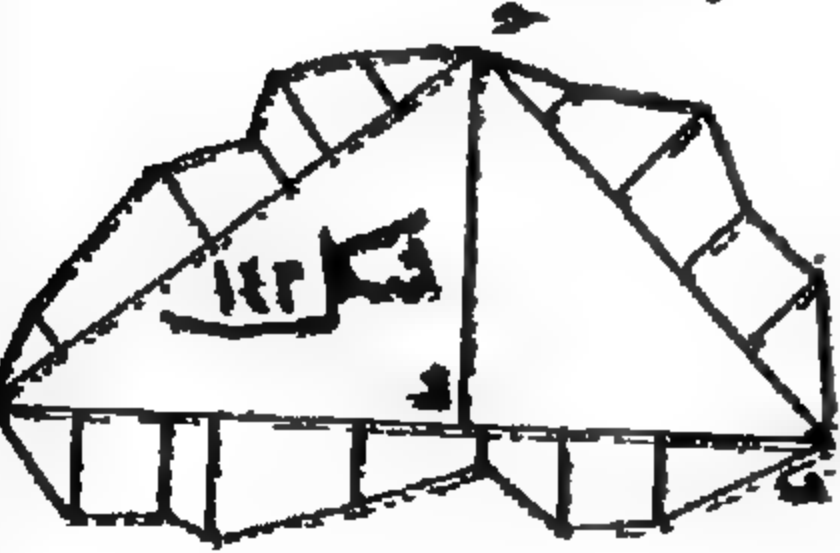
أولا - في أغلب الاحوال لا تكون الرأس الرابعة على المحيط كما في (شكل ١٤١)

ثانيا - يمكن ان تكون جميع رؤس المستطيل داخل الشكل

ثالثا - لمعرفة المساحة العمومية لقطعة الارض يلزم ان يضاف لمساحة المستطيل مساحات اشباه المنحرف



والمثلثات الداخلة وتطرح من الناتج مساحات التقاسيم الخارجة وعلى العامل ان ينتخب الشكل المرسوم داخلا موافقا لحالة الارض ففي مثل (شكل ١٤٢) يستعمل المثلث الذي كل من أضلاعه يعتبر اتجاهها مشتركا وتعلم مساحة المثلث بالقانون



س = $\frac{1}{2} (ا - ك) (ب - د) (ج - ح)$ والتحقق ان ينزل الارتفاع ج د ويستعمل القانون

$$مس = \frac{ا ب \times ج د}{2}$$

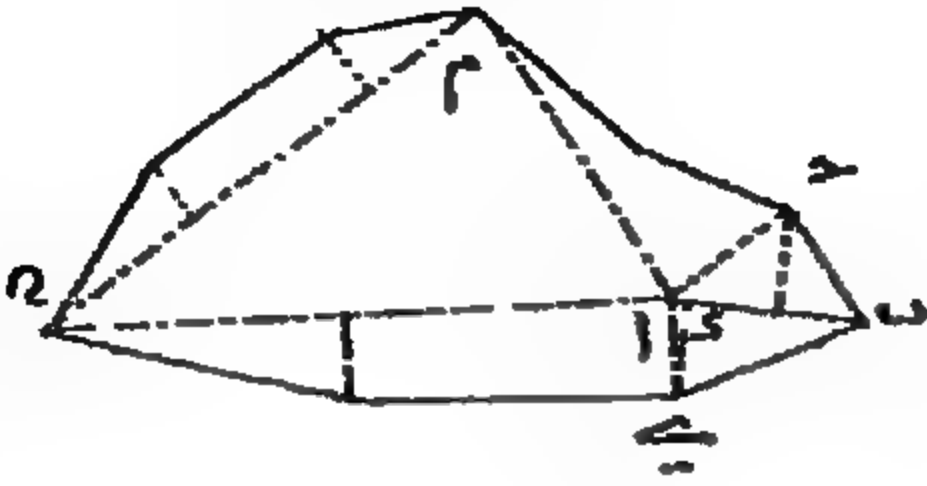
ويصير مطابقة المقدار الناتج منه بالمقدار المتقدم

لا يكون بالمساحة صحت عويان حينما يكون كل من الرؤس على المحيط حيث انه بأخذ نقطة ا داخلة كما في (شكل ١٤٣) يلزم اقامة عمودى ا ح و ا ع منها على ضلعي

ام و ا د و عودى ج د و ع ف على ا ب لامكان أخذ مساحة الشكل الرابع

ا ح ب ع وفي الاراضى التى محيطها ذو امتداد متسع يمكن أن يرسم داخلها مضلع حيثما اتفق يسهل أخذ مساحته ويعتبر كل من أضلاعه كاتجاه مشترك انما يلاحظ اختيار شكل يكون مساحته سهلا ويمكن أيضا رسم شكل منتظم خارج الارض كاستطيل أو شبه منحرف أو مثلث

شكل ١٤٣

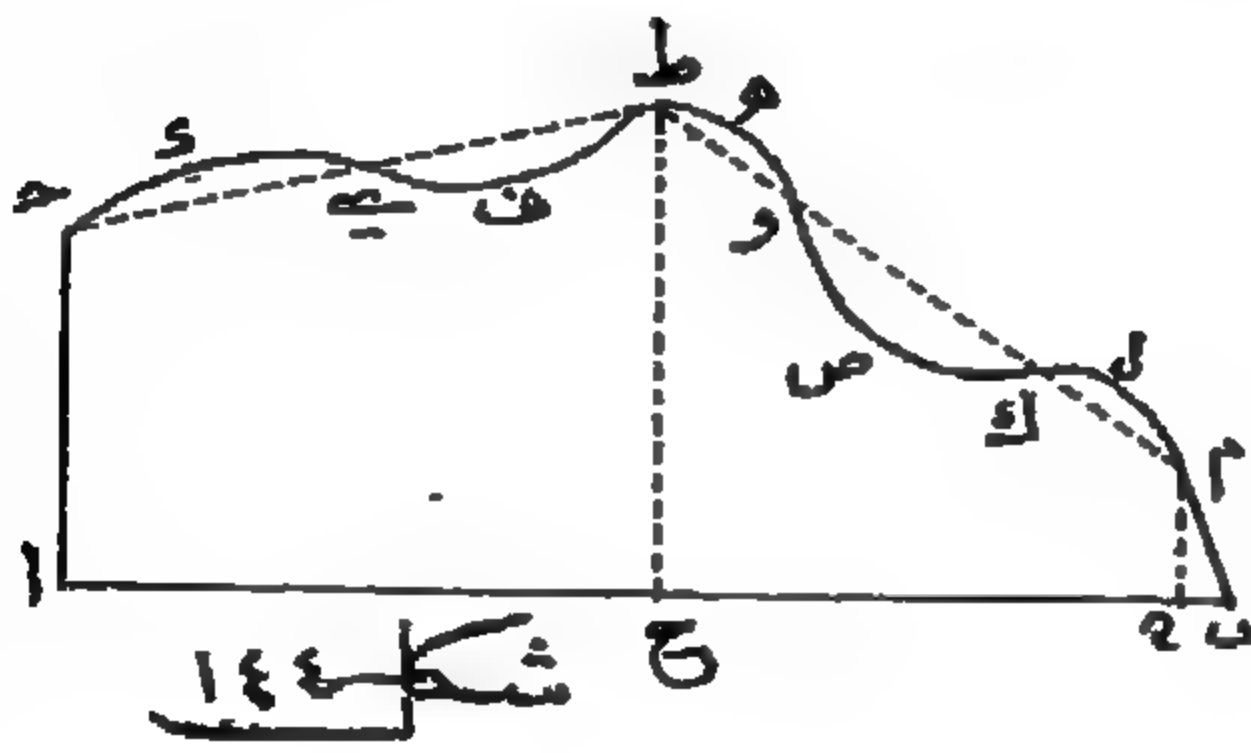


بحيث ان أضلاع الشكل المساعد المذكور تكون على قدر الامكان مارة ببعض رؤس المساحة المطلوبة ثم يؤخذ مساحته ويطرح منها مجموع المساحات الخارجة عن الشكل الاصلى ولا ينتخب الشكل الخارج الا حينما يكون المرور داخل الارض المقصود مسحاها صعبا أو مستحيلا

ب ١٦٣ د - قد يتأق ان تكون محيطات الغيطان محدودة جميعها أو جزء منها بخطوط منحنية أى انحناء فى مثل هذه الحالة تكون المساحات اللازمة عملها تقريبيه

وتعمل مساحة ملك محصور بين مستقيم ومنحنى بعدة طرق

ب ١٦٤ د - أولا طريقة التعديل -
ليكن محيط محدود بمنحنى ط ل ب وخط منكسر ح ا ب (شكل ١٤٤) فيحدد عليها نقطة ط بحيث تكون

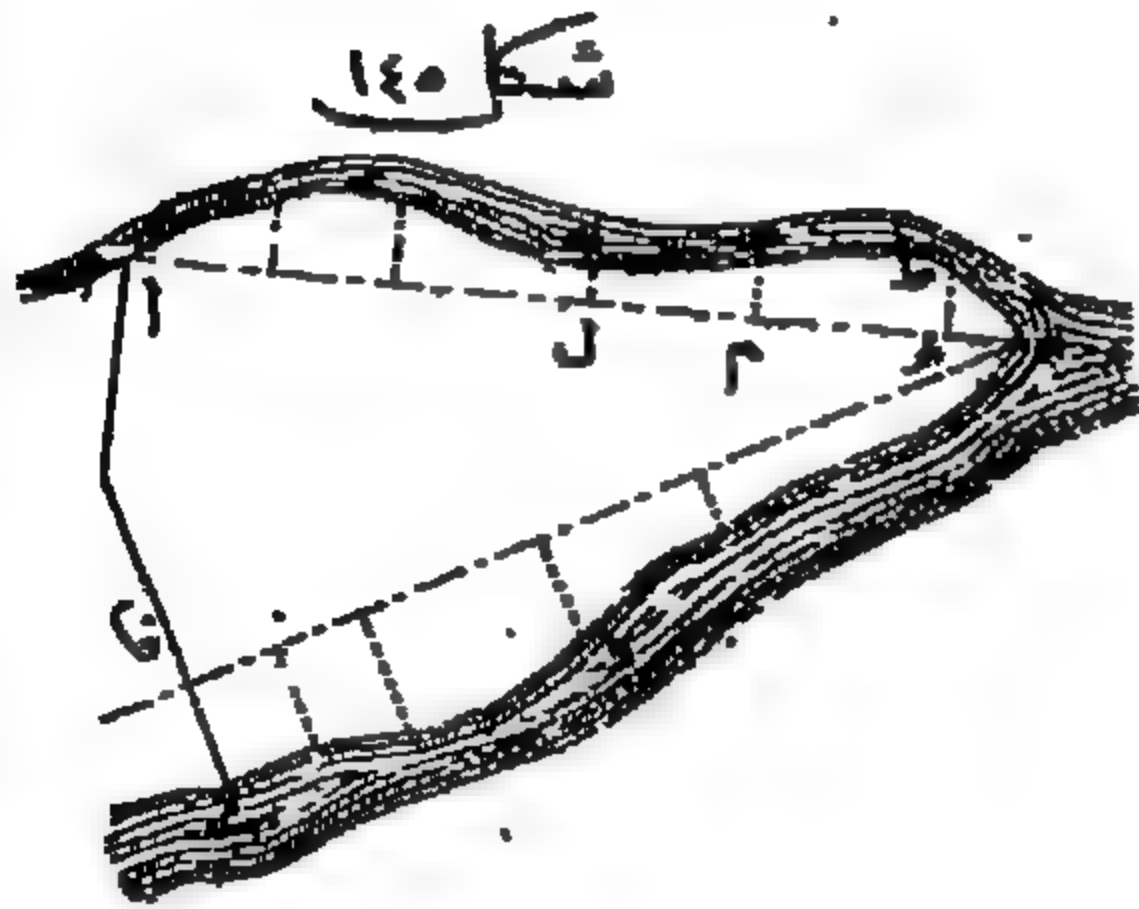


القطعة المتروكة ح د ع مكافئة للقطعة المضافة ع ف ط ثم ينتخب مستقيم ط م بحيث يكون و ص ل ك = ط ه و ل ك ل م وحينئذ فيوجد هنا تعديل ويمكن اعتبار الجزء الباقي ب م من المنحنى كخط مستقيم

وحيثئذ فقد عوضنا الارض اللازم عمل مساحتها بشكل ا ح ط م ب يسهل عمل مساحته كما تقدم بعد العودين م د و ط ع وحساب مساحة المثلث وشبه المنحرف

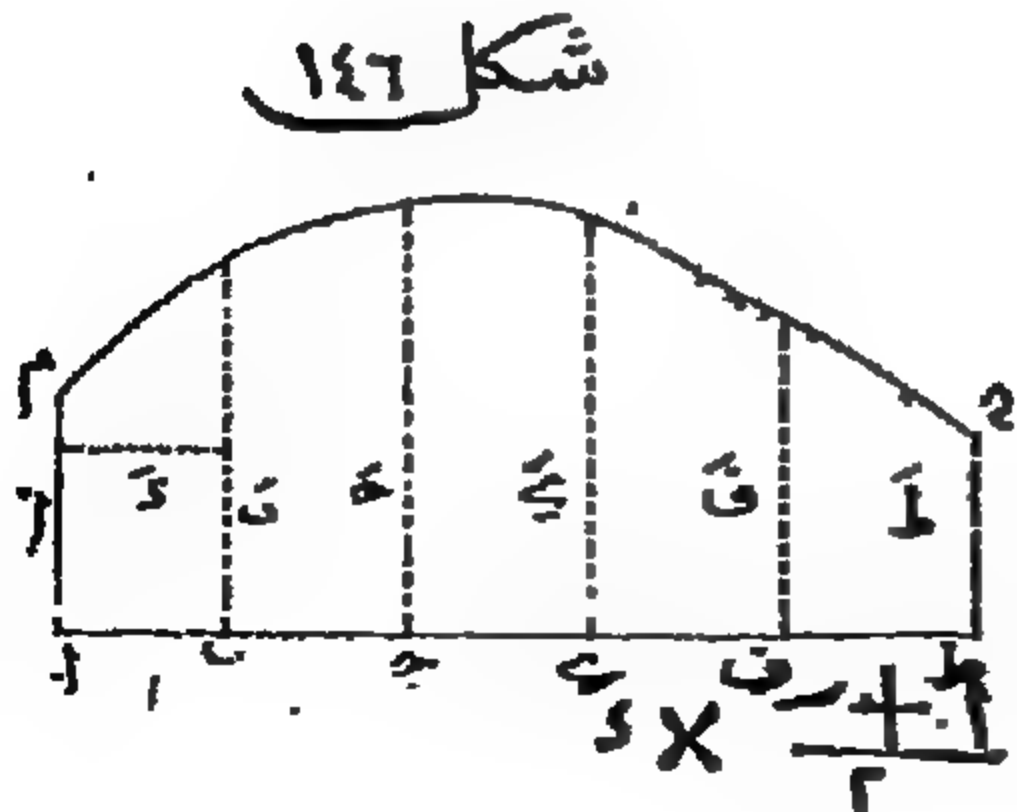
وطريقة التعديل أسرع من غيرها الا انها لا تعطى نتائج مضبوطة الا اذا كان المهندس
ماهر في أعماله بحيث يجعل القطع التي مثل ح د ع و ع ف ط اللزوم تعديلها ذات
امتداد قليل

بـ ١٦٥ د - ثانيا طريقة اشباه المنحرف الداخلة - ليكن ا ب ح د ع غيظا محدودا
جزء منه بجري ماء (شكل ١٤٥) فيؤخذ مستقيما ا ح و ح ف كقاعدتين قريتين
من المحيط لاجل ان تكون الاعمدة قصيرة على قدر الامكان ثم ينتخب عدة نقاط كالنقط
ط و ب و ك الخ بحيث تكون ط ب و ب ك الخ مستقيمت وترسم الاعمدة
ط ه و ب م و ك ل الخ فتحدث اشباه منحرف ومثلثات يسهل عمل مساحتها وحاصل
الجمع يكون هو المساحة المطلوبة



ولا يلزم عمل أعمدة كثيرة العدد بل اذا
كان العمل متريعا يصير عمل جزء من
المساحة بطريقة التعديل ويكون
الحساب أسهل اذا أخذت الاعمدة على
أبعاد متساوية

بـ ١٦٦ د - ثالثا طريقة اشباه المنحرف
المتساوية الارتفاعات - ليكن المطلوب عمل مساحة الشكل ا م ن ط (شكل ١٤٦)
فتقسم القاعدة ا ط الى اجزاء متساوية
ثم من جميع نقاط التقاسيم تقام أعمدة يرمز
لها بحروف ا و ب و ح و د و ه و ف و ط
وزمز للبعدين كل اثنين متجاورين منها
بالرمز د فتكون المسامع الجزئية هي



شبه منحرف = $\frac{1}{2} \times (a + b) \times h$

ثم شبه منحرف = $\frac{1}{2} \times (a + b) \times h$

وأخيرا شبه منحرف = $\frac{ف + ط}{٢} \times د$

ويجمع هذه المعادلات على بعضها والرمز بحرف ص لمساحة الشكل الكلى يحدث

$$ص = \left(\frac{١}{٢} + \frac{ب}{٢} + \frac{ح}{٢} + \frac{ع}{٢} + \frac{ف}{٢} + \frac{ط}{٢} \right) \times د \text{ ويمكن كتابته هكذا}$$

$$ص = \left(\frac{١ + ب + ح + ع + ف + ط}{٢} \right) \times د$$

أعني ان يؤخذ نصف مجموع الاحداثيات المتطرفان ويضاف اليه مجموع الاحداثيات

المتوسطة ويضرب الناتج الكلى في البعد بين احداثيين متواليين

وقد يكون الاحداثيات المتطرفان معدومين فيكون

$$ص = \left(\frac{ص + ص + ص + ص}{٢} \right) \times د$$

بـ ١٦٧ د رابعة طريقة بونسلية - لتطبيق قانون بونسلية يلزم تقسيم أب الذي

هو مسقط المصنى الى اقسام متساوية عددها زوجيا كثمان اقسام مثلا (شكل ١٤٧)

لكنه يكتب باقامة العمودين المتطرفين ص_١ و ص_٩ وأبضا ص_٢ و ص_٨ و ص_٤ و ص_٦

ويكون

$$ص = د \left[\frac{ص + ص}{٨} + \frac{ص + ص}{٤} + \left(\frac{ص + ص + ص + ص}{٢} \right) + \frac{ص + ص}{٤} + \frac{ص + ص}{٨} \right]$$

أعني ان يضاف على ضعف مجموع الاحداثيات الزوجية ربع مجموع الاحداثيين

المتطرفين وي طرح من الناتج ربع مجموع الاحداثيين

التاليين للمتطرفين ويضرب الناتج في البعد بين

احداثيين متواليين وتطبيق هذه النظرية سهل عن اشياء

المنحرف وتعطى نتائج أضبط منها مع انها لا تحتاج

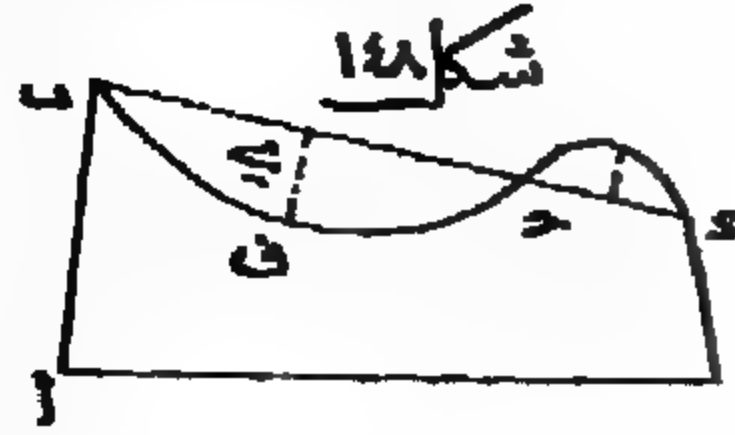
الالقياس ورسم قليل من الاحداثيات

بـ ١٦٨ د خامسا طريقة الوتر والسهم - حينما يوجد المصنى ب ف و تماثل



شكل ١٤٧

بالنسبة للعمود ٤ ف المقام من وسطه على الوتر فيمكن اعتباره كقطعة دائرة تحصل
على مساحتها بضرب ثلثي الوتر ب ٤ في السهم ٤ ف



(شكل ١٤٨)

(تنبيه) - لا يلزم اتباع الطرق النظرية لضبط النتائج
حيث ينشأ من استعمالها أعمال كثيرة تسبب عنها خطأ
في القياسات وفي الرسم لا يمكن تجنبه وينشأ عنه خطأ كبير في المساحة فيلزم اتباع
البساطة

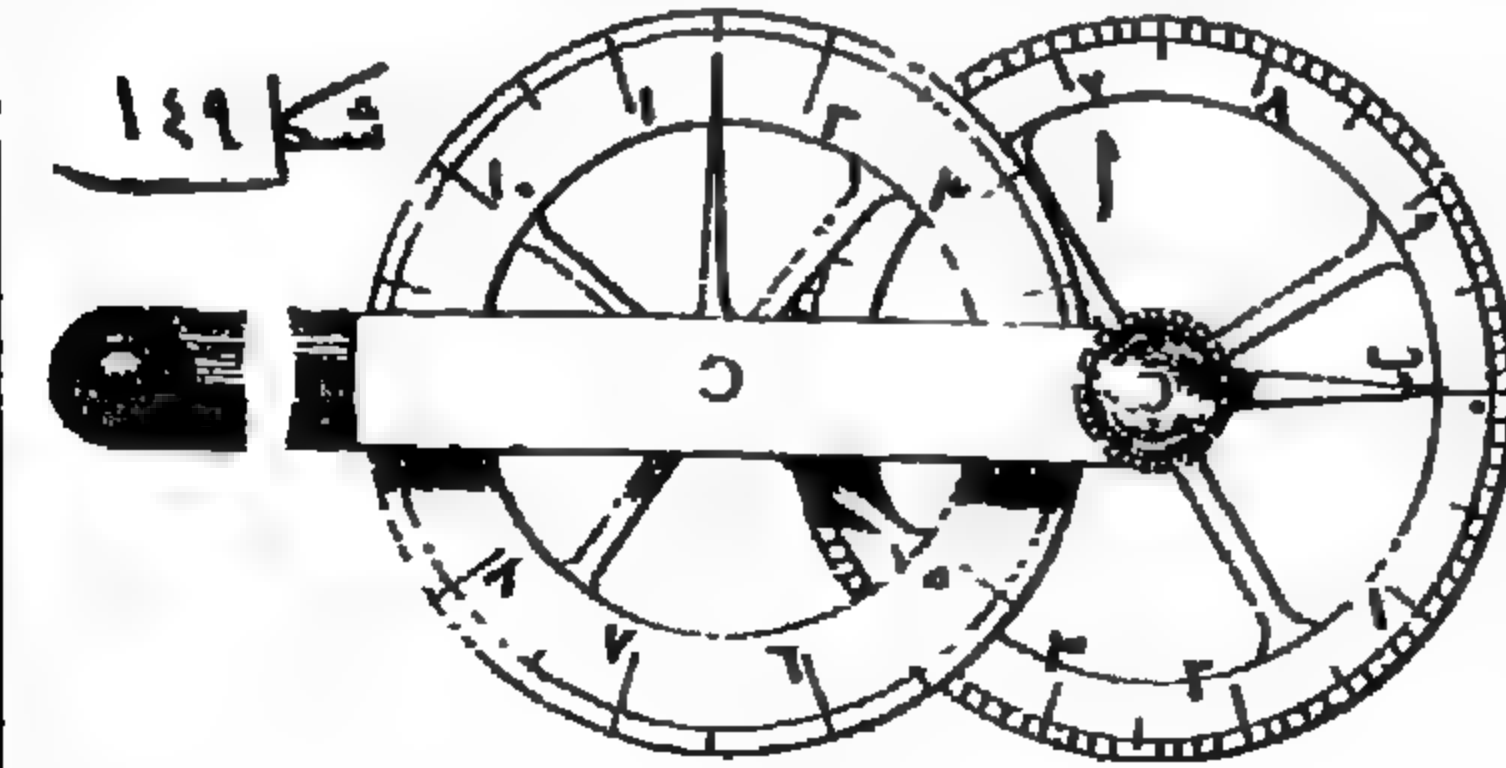
وبما أن المسامح في الغالب تؤخذ من خريطة الرسم فيلزم ضبط الخريطة أولاً بقياس
جولة خطوط معلومة على الأرض خلاف الأوضاع ويقارن بالخريطة

(الجاري بأقلام المسامح)

١٦٩ د - أغلب أقلام رسم السكك الحديدية والمساحات يعتبر قاعدة أساسية هي
تقسيم الاشكال اللازم أخذ مساحتها الى أشباه منحرف ومثلثات قائمة الزوايا ويجري
العمل كما ذكرنا وتقاس الأبعاد من الرسم بالدوبلديسمتر
وبما أن قياس الأبعاد من الرسم بالدوبلديسمتر مطول جداً فتقاس بواسطة ملفدوي
أو تعمل المساحات بواسطة البلاينيتر وتشرح كلامهم ما نقول

(ملفدوي)

١٧٠ د - ملفدوي (شكل ١٤٩) يتركب من عجلة ١ محيطها ١٠٠ ملليمتر وبها



عقرب ثابت في جلبة ومحور
هذه العجلة يحمل طرفاً مستنناً
تتشق أسنانه بعجلة أخرى
عدد أسنانها قدر عدد أسنان
الطرف عشر مرات ومحيط

العجلة الثانية أي العدادة مقسم الى عشرة أجزاء متساوية وكل قسم من الأقسام الميمنة
بالعقرب ٥ يقابل دورة كاملة للعجلة الاولى أعني ١٠٠ ملليمتر

ولقياس خط مستقيم بهذا الملف تدار العجلات الى أن يصير صفر كل تقسيم تحت العقرب
المقابل له ثم بعد وضع الآلة رأسياً وجعل صفر عجلة ١ على إحدى نهايتي المستقيم على
الخريطة يسار عليه بالعجلة ١ باتكائها خفيقا لتدور بدون انزلاق الى أن يصير العقرب
على نهاية المستقيم بالضبط

فإذا فرض أن علامة العجلة ٥ بينت ٤ والعجلة ١ ٧٣ فان الطول الكلي للمستقيم
المقطوع يكون $٠.٤٧٣ + ٠.٧٣ = ٠.٤٧٣$ متر

بـ ١٧١ د - لاستعمال هذه الآلة في حساب المسطحات من الرسم - تؤخذ قطعة
من قماش شفاف يرسم عليها عدة من الخطوط المتوازية المتساوية الابعاد وتسمى أبعادها
مثلاً ٠.٠٥ متر ثم يوضع هذا الشفاف على السطح المراد حساب مسطحه بوضع زواياه
على قدر الامكان على الخطوط المتوازية ان أمكن ثم بواسطة الملف يسار على كل خط
من الخطوط المتوازية المحصورة في المحيط المراد قياسه والعدد الذي يبينه الملف بالمليمترات
يكون هو طول الخط الموازي الجاري عليه العمل ويقيد بدفتر مع ذلك ثم من الدفتر
تقدر المساحة بتكوينها من أشباه منحرف معلوم قواعدها المتوازية بعد تحويلها
الى المقياس وارتفاعها المشترك أيضاً وهو بعد الخطوط المتوازية على الشفاف حولاً
لمقياس الخريطة

ملحوظة - من الدفتر يمكن عمل المساحة بسهولة بضرب نصف مجموع كل متوازيين
في البعدين هما وقسمه الناتج على مربع ما يقابل المتر الواحد في مقياس الخريطة
مثال - إذا فرض أن نصف مجموع المتوازيين هو ٠.٤٧٣ متر وأن ابعاد المتوازيات
هي ٠.٠٥ متر وأن مقياس الخريطة هو $\frac{1}{100000}$ فمساحة هذا الشبه منحرف هي

$$٠.٤٧٣ \times \frac{٠.٠٥}{١} = ٠.٠٢٣٦٥ \text{ متر مسطح}$$

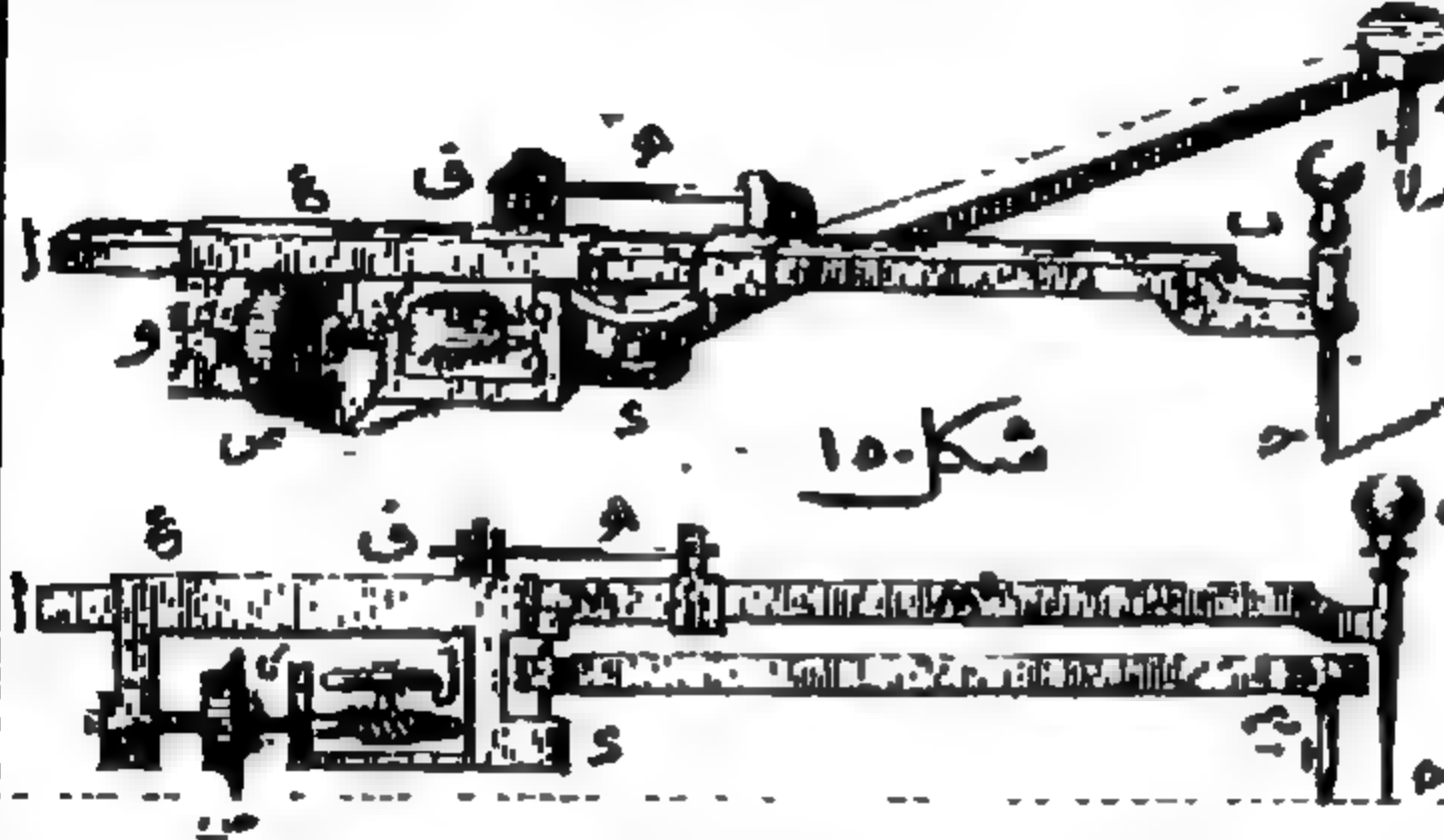
والعادة أن تؤخذ النسبة بين ابعاد الخطوط المتوازية ومربع ما يقابل المتر الواحد من
الخريطة عدداً ثابته صحيحاً وكسر التسهيل عملية الضرب

وبالتجارب علم أن الفرق الحادث بين عمل المساحة بالملف وعملها بالمقاسات الحقيقية على
الارض لا يتعدى ٢ الى ٣ في المائة بالزيادة أو بالنقص ويمكننا أن نقول ان استعمال
هذه الآلة في حساب المساحة أضبط من حسابها بواسطة الابعاد الطبيعية

(البلا نيمتر القطبي للمعلم امسليير)

١٧٢ د - من منذ عهد قريب شاع استعمال البلا تيمت في أقلام الجسور والقناطر بل
وفي أعمال المساحات عموما وبه تقدر مساحات الاشكال التي محيطها معوج جدا بغاية
السرعة والضبط الكافي

وهذه الآلة تتركب من قلم راسم وعجلة أصلية ثم عداة (شكل ١٥٠) فالقلم الراسم هو



سن ب ح يسير على محيط الشكل
المراد تقدير مساحته وهذا القلم
موضوع في نهاية مسطرة أ ب
يمكن انزلاقها في قراب ع ف
مثبت فيه جميع أجزاء الآلة

ثم ان العجلة الاصلية ، ص المكونة من جزء اسطوانى أو طسبور ومن شفة تدور حول
محور أفقى ومق غيرت الآلة محلها بسير قلمها الراسم على الخطوط فان العجلة تدور على
الخريطة المرسومة عليها الشكل المراد تقدير مساحته

والعددادة ، من تبطة بدمية غير منتهية تحمل محور العجلة خاص ثم ان العجلة ل فيها عشرة أقسام كل قسم منها يطابق دورة كاملة للعجلة خاص والجزء الاسطواني لهذه العجلة الاخيرة مقسم الى مائة جزء متساوية وتوجد دورانية من سومة على قطاع من كزه من كز العجلة

وبالاختصار تقرأ مباشرة الوحدات البسيطة وعشرة أمثالها على جملة نصوص وأما
الورنية فانها تقدر أعشار الوحدة وبالعدادة لتعين الاجزاء المائتية للوحدة
وبالجملة فالرافعة في المتحركة حول المحور الرأسي لها سن يغمس في نقطة من الخريطة
تدور الآلة حولها وأجزاء الآلة هي

اب مسطرة أصلية حاملة للقلم الراسم >

دے رافعة مستعملہ نصف قطر لاہور ان جسم الہامی کان السن ے مثبتانی الورق

ع ف قراب ضربع يمكن انزلاق المسطرة فيه

هـ برمة ربط مثبتة جهة اليمين في حامل مربع يحترق مسطرة أب
 لـ برمة ضغط لتثبيت المسطرة والحامل و ف برمة حركة بطيئة للمسطرة أب
 صـ عجلة أصلية للآلة ومحورها ملقوف موصل للطرس الحامل لمحور العدادة
 لـ قرص العدادة وأقسامه تطابق بالتوالي الى خط ثابت مرسوم على الحامل الثابت
 (استعمال البلازيمتر)

بـ ١٧٣ - قبل استعمال هذه الآلة يلزم توضيحها بحيث ان صفر العجلة صـ يطابق
 صفر الورنية مع جعل العجلة لـ من العدادة مينة صفراً أيضاً
 ثم اذا أريد تقدير مساحة شكل يثبت السن ٤ في نقطة معلومة من الخريطة بحيث
 يسهل مرور القلم الراسم على محيط الشكل ثم يوضع القلم الراسم في إحدى زوايا
 الشكل وتجعل العجلة صـ متكئة على الخريطة ثم يراق القلم الراسم من الشمال الى
 اليمين على محيط الشكل باعطائه حركة مشابهة لسير العقارب على وجه الساعة بحيث
 يرسم محيط الشكل ويرجع لنقطته التي ابتدأ منها
 والعدد الكلي للتقاسيم الذي يبين بالعدادة وبالعجلة صـ يكون هو المساحة بالتر
 المربع متى كان مقياس الرسم هو $\frac{1}{10000}$ واذا كان المقياس $\frac{1}{100000}$ يضرب العدد الناتج
 في ٤ لتنتج المساحة المطلوبة وهم جرا
 والاحسن عمل المساحة دفعتين أو أكثر بحيث لا يتعدى فرق المساح عن المسموح به
 فمثلاً اذا كان مقياس الخريطة $\frac{1}{10000}$ وكان البلازيمتر مينا في أول دفعة العدد ١١,٢٠
 وفي الثانية ١١,٤٠ تكون المساح المينة هي ٤٤,٨٠ متر مسطح و ٤٥,٦٠ متر مسطح
 وعليه تكون المساحة المطلوبة هي ٤٥,٢٠ متر مسطح
 (تبينه) - ليس من الضروري جعل الآلة في مبدأ العمل على الصفر فمثلاً اذا كانت
 مينة ٢٣,٤٧ في الابتداء و ٢٤,٦ في نهاية العملية فالفرق هو ١,١٣ يعطى مساحة
 قدرها ٤٥,٢ في المقياس السابق
 وقد عملت مساحة غيط وكانت ٨١ ر ٤٤ متر مسطح ثم رسم وعملت مساحته من

الرسم بهذه الآلة عشر مرات وكل دفعة تنتج المساحة ١٠ و ٤٥ متر مسطح
 أعني كان الفرق ٢٩ و ٠ متر مسطح فينتسذ التقريب المتوسط بهذه الآلة يكون
 هو $\frac{٢٩}{٤٤٨١} = \frac{١}{١٥٠}$ تقريبا

بـ ١٧٤ - التدرج - المسطرة المربعة التي في نهايتها القلم الرصاص تتزلق في منشور
 محفور يحمل العجلات والرافعة دس وبهذا الوضع يسهل حساب المساحة بعدمعرفة
 مقياس الرسم

وبنسبة الحز المعلوم بالرمز M أو $\frac{١}{١٠٠}$ فإن العدد الذي تبينه العداد يقين نصف
 مساحة القطاع المرسوم بمقياس $\frac{١}{١٠٠}$ ومتى كان المحيط مكونا من خطوط مستقيمة
 فالسير عليه بسرعة توضع مسطرة يتكئ عليها القلم الراسم

تم الجزء الأول

ملحقات الجزء الأول

كيفية تخطيط منحنيات الاتصال للطرق والسكك الحديدية

بـ ١ - عند اتصال طريقين ببعضهما أولف سكة حديد يلزم استعمال منحنيات مماسة لكل من الاتجاهين بحيث يكون انحناءهما موزعاً بالتساوي على جميع نقاط الاتصال وحينئذ يختار منحنى الدائرة عن غيره ولكن لاستحالة رسمه غالباً على الأرض بواسطة مركزه ووصافى السكك الحديدية فقد اخترنا طرقاً عامة لرسمه نقطة فنقطة بعد معلومية نقطتي تماسه مع كل من الاتجاهين

تعيين النقط الأصلية للمنحنى بالحساب

بـ ٢ - إذا فرض أن $ام$ و $ان$ هما اتجاهاهما محوري السكتين اللذين يلزم اتصالهما بقوس من دائرة (شكل ١)

فأولاً - الخطان $اب$ و $اح$ يسميان مماسين

ثانياً - الخط $اد$ يسمى المنتصف وهو منتصف زاوية $ا$ شكل ١

ثالثاً - يسمى $د$ سهما وهو محور بين منتصف

القوس ومنتصف الوتر

رابعاً - يسمى $ح$ وتر وهو واصل بين نقطتي

التماس

خامساً - $ح$ و $نق$ هو نصف قطر المنحنى ويعلم مقداره في الغالب

سادساً - زاوية $ح$ $اب$ تسمى زاوية التلاق وتُقاس عادةً بأحدى الآلات لتكون

معلومة دائماً ورمزها $م$ وزاوية $ح$ $وب$ تسمى الزاوية المركزية وتساوى $١٨٠ - م$

ويتبين من مآذ كراهه لاتصال اتجاهين بمنحنى يلزم ابتداء قياس زاوية التلاق $م$ ثم يفرض

لنصف القطر مقدار مناسب ويرسم المنحنى على الأرض بعد تعيين المقادير السابقة

كما سيأتى

أولاً - تعيين الزاوية المركزية $ب$ و $ح$ هكذا $ب$ و $ح = ١٨٠ - م$ [١]

ثانيا - المماس يستخرج من مثلث أبو القائم الزاوية ويكون

$$أب = بو \text{ نطتا } \frac{1}{2} م \text{ أو } أب = نق \text{ نطتا } \frac{1}{2} م \dots\dots [٢]$$

ثالثا - المنصف يستخرج من مثلث أب والقائم الزاوية أيضا الذي منه

$$أو = \frac{نق}{\text{حاطا}} \text{ أو } د = \frac{نق}{\text{حاطا}} - نق \dots\dots [٣]$$

رابعا - يتعين السهم د ع من مثلث بع والقائم الزاوية الذي منه

$$وع = وب \text{ جتا } بو \text{ وحيث أن } بو \text{ و } \frac{1}{2} م \text{ ممتعتان لبعضهما يحدث}$$

$$وع = نق \text{ جتا } \frac{1}{2} م \text{ أو } د ع = نق - نق \text{ جتا } \frac{1}{2} م \dots\dots [٤]$$

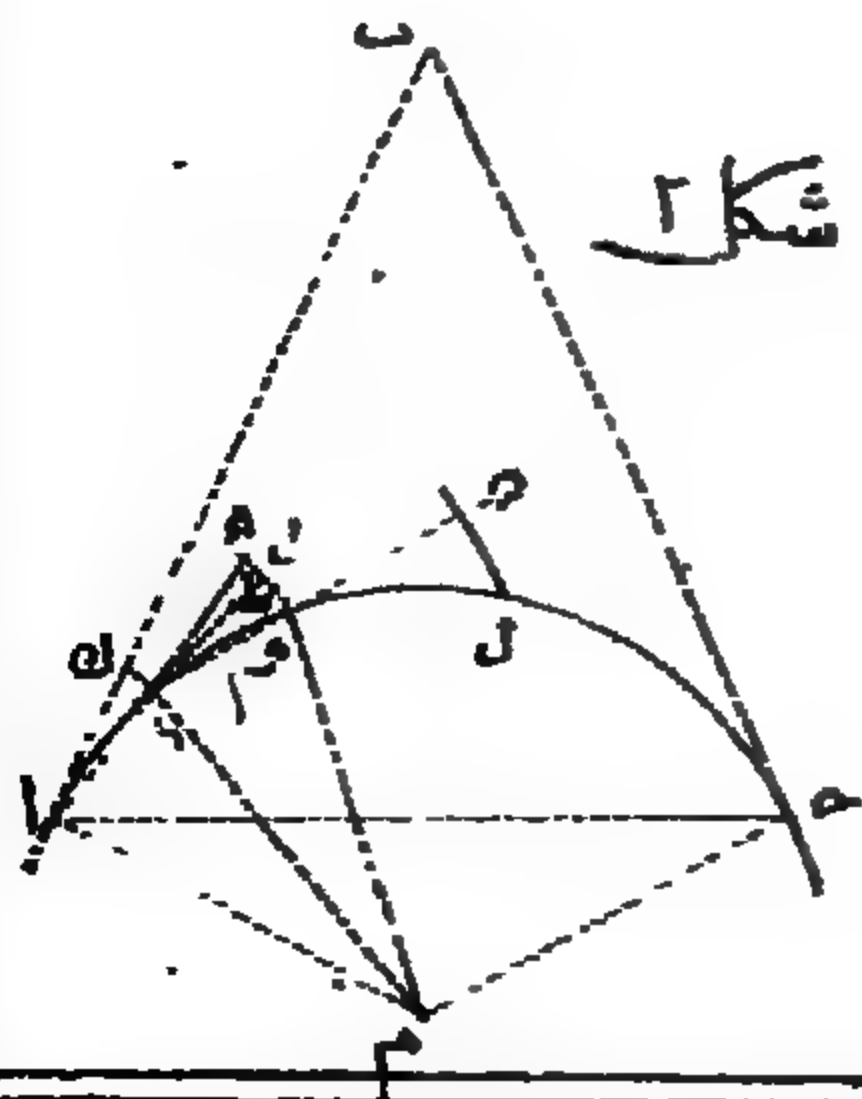
خامسا - لتعين الوتر يؤخذ من مثلث بو ع ان

$$بع = نق \text{ جتا } بو \text{ أو } بع = نق \text{ جتا } \frac{1}{2} م \text{ أو } بع = نق \text{ جتا } \frac{1}{2} م \dots\dots [٥]$$

سادسا - لتعيين طول القوس يلزم معرفة عدد درجه ثم ضرب عدد الدرج في طول قوس درجة واحدة من الدائرة التي نصف قطرها وحدة ثم ضرب الناتج في نصف القطر المستعمل

(طرق رسم قوس دائرة على الارض بعد معلومية ما سبق)

بسط الطريقة الاولى - اذا فرض ان اتجاهي محوري السكتين هما ب ح و ب أ (شكل ٢). فيؤخذ على أحد الاتجاهين بعد اختيارى بالابة د ا من نقطة التماس مساو لطول جنزير مثلا كالبعد أ ك وتجعل نقطة أ مركزا وبالبعد المذكر يرسم قوس ل د فهذا القوس يقطع المنحنى في نقطة د فيوصل أ د ويمد على استقامته ويؤخذ عليه بعد د ه = د أ = أ ك وتجعل نقطة د



مركزا ونصف قطر ه د يرسم قوس ه و يقطع المنحنى في نقطة ونصل منها الى د ويمد د و ويؤخذ عليه و د = د أ = أ ك وتجعل نقطة و مركزا ونصف قطر و د يرسم قوس د ل يقطع المنحنى في نقطة ل يجري بها

$$\frac{\overline{د}}{\overline{نق}} = \overline{ع} \dots\dots [م]$$

ولاستخراج بعد ذلك المساوى لو يؤخذ من مثلث ط د و القائم الزاوية أن

$$\overline{طد} = \overline{د} - \left(\frac{\overline{ع}}{\overline{نق}}\right) \overline{د} \text{ ومنها}$$

$$\overline{طد} = \overline{د} - \left(\frac{\overline{ع}}{\overline{نق}}\right) \overline{د} \dots\dots (م)$$

وبمعلومية ط د بطرح من د ه فيعلم ل ط ثم من مثلث ل ط و القائم الزاوية يحدث

$$\overline{ل و} = \overline{ل ط} + \overline{ط و} \text{ أو } \overline{ل و} = \overline{ل ط} + \overline{ط و}$$

وحيث أن ط و هو نصف الوتر فيعلم لو المساوى ذلك ويسهل رسم المنحنى كما سبق
بشكل - الطريقة الثانية - طريقة رسم منحنى الدائرة بواسطة الاحداثيات الرأسية
المقابلة لافقيات معلومة بفرض أن أصل الاحداثيات هي نقطة التماس والمماس هو
المحور الافقى

لذلك يكفي معرفة الرأسيات المقابلة لافقيات معلومة ثم بواسطة مثلث المساح أو الجنزير
يرسم المنحنى المذكور على الأرض ولذلك نفرض أن اتجاهى السكتين هما أب و أح
(شكل ٣) المتصلتين بقوس دائرة جه ه الخ المعلوم نصف قطرها ثم يؤخذ بالابتداء
من نقطة التماس على المماس ح أ ابعاد مساوية للافقيات المعلومة مثل ح و ح و ح و
و ح و نقيم من هذه النقاط أعمدة على المماس المذكور ونعدها إلى أن تقابل المنحنى
في نقط ه و ه و ه الخ ثم نرسم من نقطة ه خط ه د يوازي محور الافقيات ونصل
نصف القطر ه و فن مثلث ه د و القائم الزاوية يحدث

$$\overline{ود} = \overline{وه} - \overline{ه د} \text{ أو } \overline{ود} = \overline{وه} - \overline{ه د} \dots\dots (١)$$

وبالرمز للاحداثى الافقى بحرف س وللرأسى بحرف ص ومعرفة أن

و د = نق - هـ = نق - صه يحدث صه = نق - و د

و بتعويض و د بمقداره من معادلة (١) يحدث

$$\left(\begin{array}{l} \text{صه} = \text{نق} - \frac{\text{وهـ} - \text{هـد}}{\text{وهـ}} \quad \text{أو} \quad \text{صه} = \text{نق} - \frac{\text{نق} - \text{سه}}{\text{نق}} \end{array} \right) \quad (٢)$$

وهذا هو مقدار الاعدائى الرأسى صه المقابل للافتى به المعلوم

فاذا أعطى الى سه مقادير اختيارية وحلت هذه

المعادلة يحدث الى صه المقادير المطابقة لها

وبذلك حسبت جداول عديدة لتسهيل الاعمال

على الارض

(تنبيه) - يمكن رسم المنحنى بفرض ان نقطة أصل ب

الاحداثيات هي منتصف وتر القوس الواصل

بين نقطتى التماس وان هذا الوتر هو محور الافقيات

وان امتداد السهم هو محور الرأسيات

ولمعلومية مقادير الاحداثيات الرأسية يرسم من نقطة د مستقيم مم عموديا على نصف

القطر د و فيكون مماسا للدائرة فى نقطة د وموازيا للوتر ب ح وحيث ان معادلة (٢)

تعين الاحداثيات الرأسية المقابلة لافقيات معلومة بنسبة المماس فيها تعلم الرأسيات

$$\frac{\text{هـد}}{\text{وهـ}} = \frac{\text{سه}}{\text{نق}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{هـد}}{\text{وهـ}} = \frac{\text{سه}}{\text{نق}} \quad \text{الخ}$$

وبالتأمل للشكل يرى ان الاحداثيات الرأسية المطلوبة مساوية للسهم د ح مطروحا منه

المقادير المقابلة لها الناتجة من معادلة (٢) وبذلك يسهل رسم المنحنى

بـ د - الطريقة الثالثة - قبل شرح هذه الطريقة تذكر المسألة الآتية وهى

المطلوب ايجاد مقادير الزوايا التى تصنعها أوتار الاقواس المعلومة الطول مع المماس فى

مبدأ القوس بعد معلومية نصف قطر هذا القوس ونقطتى تماسه

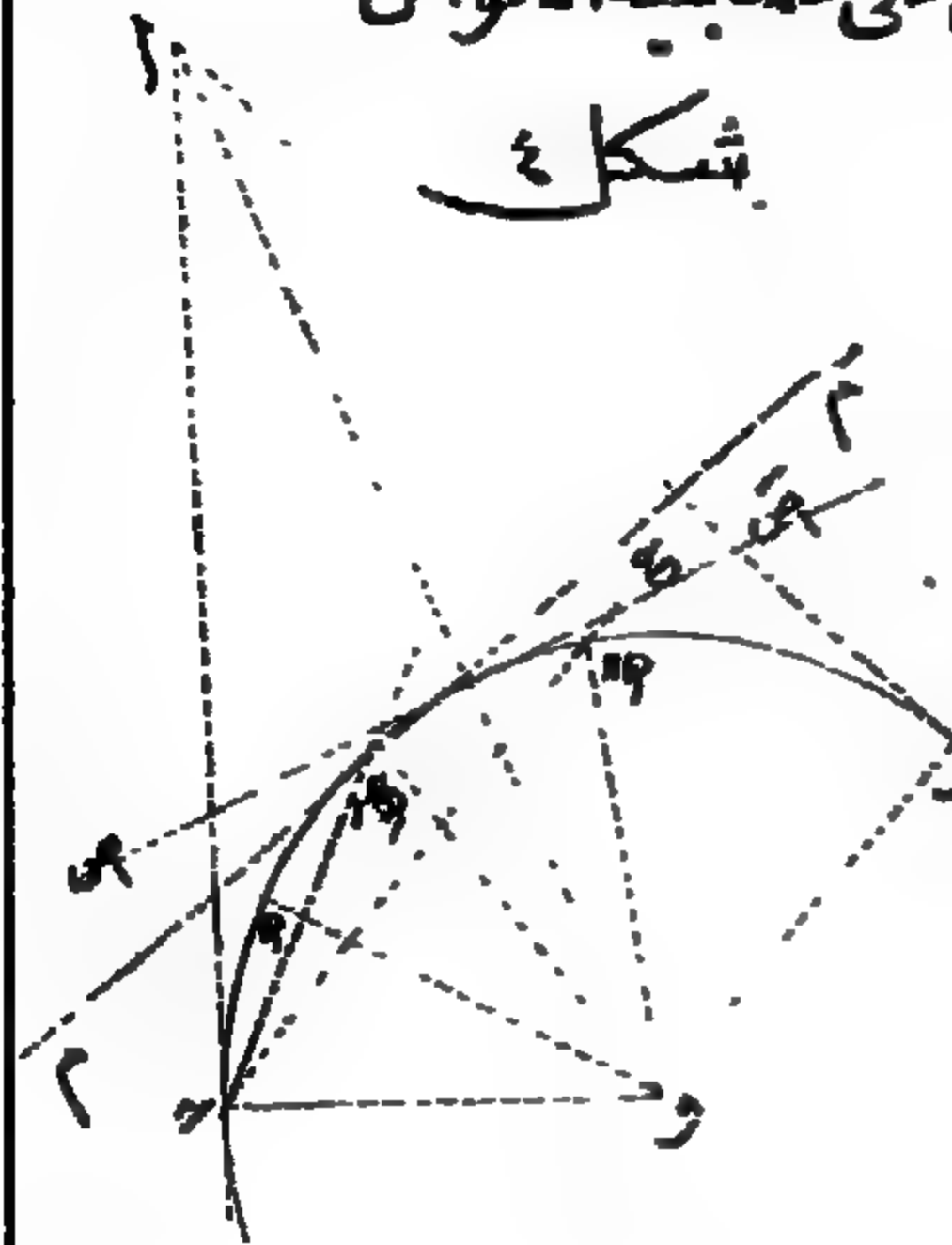
مثلا اذا كان ا ب و ا ح مماسين لقوس دائرة ح هـ هـ هـ الخ (شكل ٤)

وكان المطلوب ايجاد الزوايا ح ا و هـ ح ا و هـ ح ا الخ التى يصنعها المماس ا ح مع

الاقطار هـ هـ وهـ هـ وهـ هـ الخ (الموترة لاقواس هـ وهـ وهـ وهـ الخ
المعلومة الاطوال) يقال

ان معيار زاوية هـ هـ ا نصف القوس هـ هـ المعلوم طوله بالتر فيستخرج ما يقابل من
الدرج ويكون نصفه هو معيار زاوية هـ هـ ا وقس على ذلك بقية الاقواس
ومقدار القوس يعلم من هذا القانون

شكل ٤



$$(١) \quad \frac{\text{طول القوس} \times 360}{2 \pi r} = \text{م}$$

ملحوظات - أولا - اذا كانت الاقواس هـ هـ
وهـ هـ وهـ هـ الخ كلها متساوية الطول
تكون زاوية هـ هـ ا نصف زاوية هـ هـ ا
وثلاث زاوية هـ هـ ا الخ
ثانيا - اذا اخذت نقطة هـ هـ كيفما انفقت من

المخني ورسم منها خط مماس للمخني فتكون زاوية هـ هـ م = م هـ هـ وكل
منها يقاس بنصف درج قوس هـ هـ هـ ويكون كل منهما مساويا لزاوية ا هـ هـ
وهذه الملحوظة مهمة لتقيم المخني عند الوصول لنقطة هـ هـ بتغيير وضع الآلة كما سيأتي
بالتد - طريقة رسم قوس دائرة على الارض بواسطة الزوايا - نفرض ان ا ب و ا د
هما محور السكتين (شكل ٤) المكونان بينهما زاوية ا المعلومة فن بعد معلومية نصف
قطر المخني بحسب مقدار المماسين ا ب و ا د والنصف ا د وعليه فتتعين النقط
ب و د الاصلية للمخني ثم نضع احدي الآلات المعدة لقياس الزوايا في نقطة هـ
ويثبت صفرو زيتها على صفر الدائرة الافقية ثم توجه النظارة على اتجاه ا هـ وتثبت
الدائرة الافقية على هذا الوضع ثم تحرك النظارة الى ان ينطبق صفرو زيتها على الزاوية
المقابلة لقوس قدره طول الجزير المستعمل ثم ان القياس الخلقى يثبت طرف الجزير
على نقطة التماس والقياس الامامى يتحرك شاد الجزير الى ان يأتي في اتجاه محور النظارة

فيثبت مسمارا على هذا المحور بإشارة المهندس ويستمر العمل على هذا المنوال الى أن يتوصل الى نقطة التماس الأخرى

واذا لم تساعد الأرض على اتمام المنحنى فيرسم كلا من نصفيه بالمناوبة المتقدمة من كل من نقطتي حوب وان لم يتم فيقف المهندس في نقطة $د$ التي هي نهاية المنصف ويقسم منها عمودا على $أد$ مثل $ص$ فيكون مماسا للدائرة ويجري على كل من جهتيه ما جرى آنفا اما ان كان المنحنى طويلا جدا فبالوقوف في نقطة $ح$ يرسم منه جزءا كما سبق لغاية نقطة $هـ$ مثلا ثم تنقل الآلة في نقطة $هـ$ ويرسم منها خط $هـ$ يصنع مع $هـ$ زاوية مساوية للزاوية التي قرأت أخيرا على الآلة وهي $هـ$ $أ$ فيوجب المحوطة الثانية من (بند ٧) يكون $و$ $هـ$ مماسا للمنحنى فيثبت عليه شاخص ليعتبرا أساسا في تقيم المنحنى

(طريقة جمع اتجاهين بجزؤ من قطع مكافئ وكيفية رسمه على الأرض)

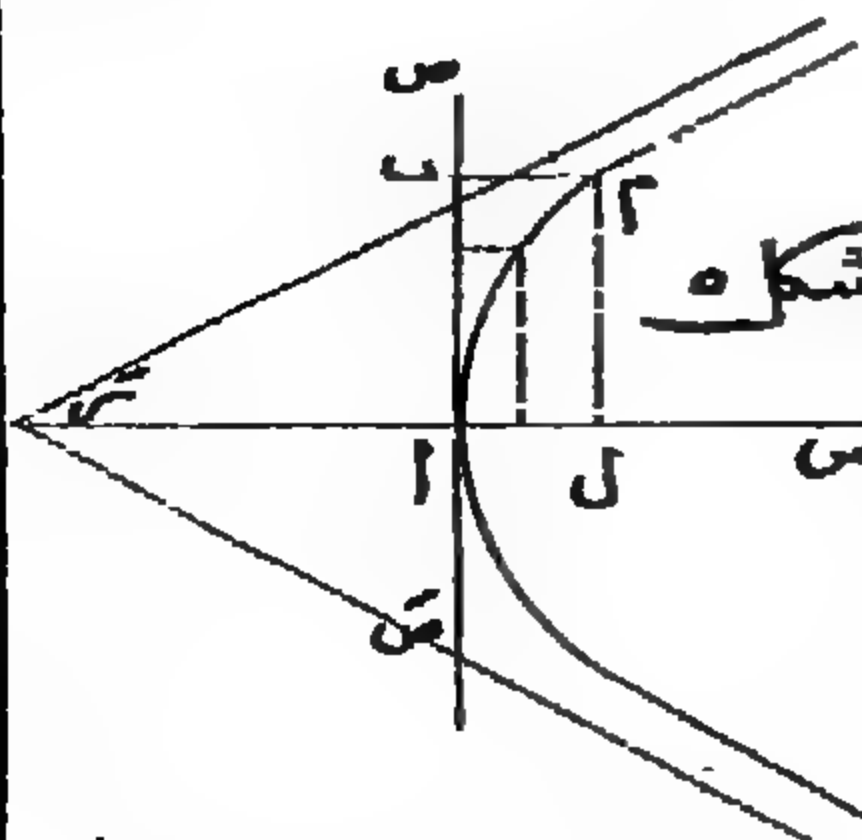
بند ٧ - معلوم ان معادلة القطع المكافئ (بفرض أصل الاحداثيات في رأس المنحنى

ومحور الأفقيات هو محوره الأصلي) هي $ص = م س - أ و ص = ٢ م س$ بمعنى انه لو فرضت نقطة مثل $م$ على هذا المنحنى (شكل ٥) يكون $أ ل = س$ و $م ل = ص$ وفي هذه المعادلة $م$ رمز للكمية الثابتة للقطع المكافئ ولايجاد معادلة هذا المنحنى بفرض ان محور الأفقيات هو المماس في رأسه يكفي تغيير

الرمز $س$ بالرمز $ص$ وبالعكس فيجث $س = م ص$ ومنها $ص = \frac{س}{م}$ (١) وبواسطة معادلة (١) يمكن حساب الاحداثيات الرأسية المقابلة لأفقيات معلومة لأي قطع مكافئ متى علمت كيمته الثابتة

ثم انه متى علمت الاحداثيات الرأسية المقابلة لأفقيات معلومة يسهل رسم المنحنى


وانت يري رسم المحور الأصلي للمنحنى ويقام من رأس المنحنى عمود عليه فيكون هو محور الأفقيات فتحسب عليه شكل ٥ الأفقيات ومن نقطها يقام عليه أعمدة يؤخذ عليها مقادير الرأسية المقابلة للأفقيات التي أخذت ثم تجمع نهايتها بمنحنى يكون هو القطع المكافئ المطلوب



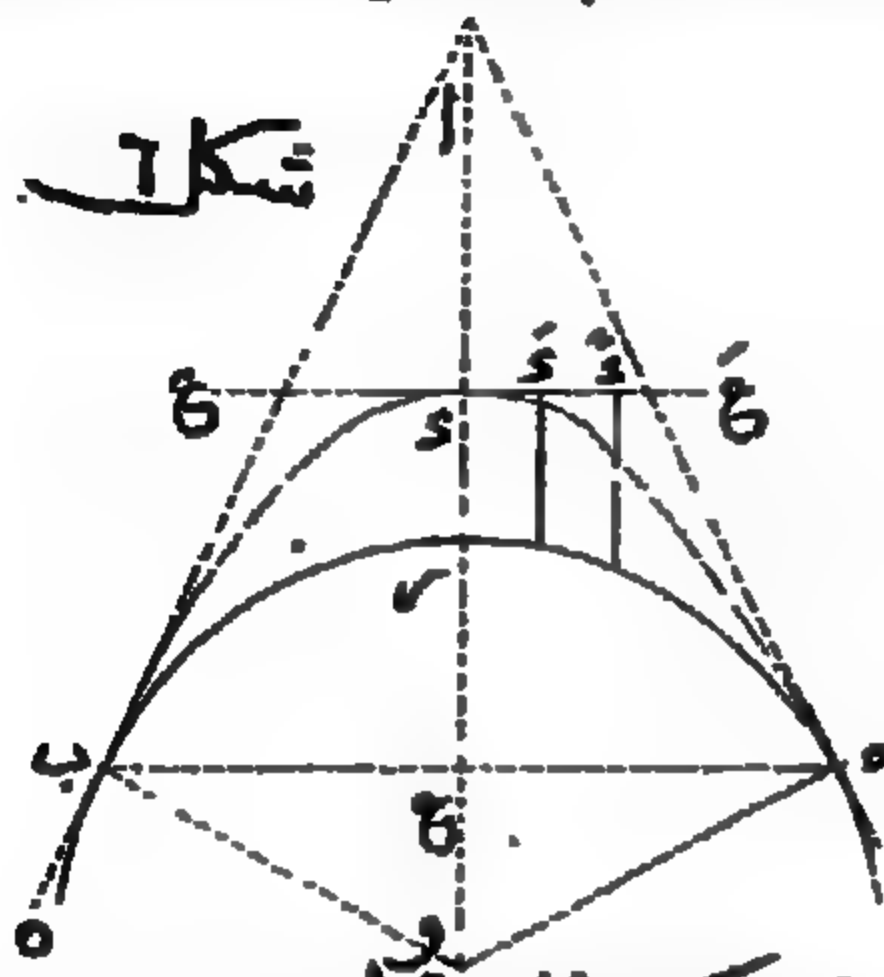
وإن وضع الطرق اللازمة لرسم قوس من قطع مكافئ على الأرض بالمسألتين الآتيتين

س ٨ د - المسألة الأولى - إذا فرض أن مستقيمين مثل أم و أ ب مكوّنين بينهما زاوية

مثلاً $\angle = 130^\circ$ مجموعين بقوس من دائرة نصف قطرها ب و = ٤٥٠ متر ايراد
تعويضه بقوس من قطع مكافئ ويطلب تعيين بعده الثابت ثم معلومية رأس المنحنى لمد
ماس له ثم رسمه (شكل ٦)



The diagram shows a triangle formed by two solid lines meeting at a vertex labeled 'أ' (A) at the top. A dashed line connects the two base vertices, forming a chord. This illustrates the geometric relationship between the circular arc and the parabolic segment discussed in the text.



بوصل بـ ٧ بين نقطتي التماس ثم او ق نصف

القطر و ٧ يكون عموديا و ٤ و تحت العمود

و ا ح تحت المماس للقطع المكافئ وحيث ان

زاوية ب ا ح = 130.40° فتكون زاوية

ح ا و = ٦٥ ٢٠ = ب ج و لتعامد أضلاعها وتكون زاوية ا و ج = ٩٠ -

ب ح و = ٤٠ ٤٠ = ب ح ا ومن مثلي ا ح و و ح ع و المتشابهين يحدث

$$\frac{2}{27} = 2c$$

وحيث ان h و تحت العمود فيكون مساويا نصف الكمية الثابتة أعني

$$(1) \quad \frac{r}{\frac{dr}{dt}} = r \frac{1}{r}$$

ولنبه على ان القاطع a و $a = r + r$ و حيث ان r و r و معلومان من رأس

المسألة ١٠ هو المنصف للدائرة فيمكن حسابه كما سبق وعليه فيعلم كل من أ و ب $\frac{1}{2}$ م

و باجراء العمل پرى أن $\epsilon = 15,19$ وأن $\frac{1}{P} M = 40,93$ أعنى $M =$

٨٦، ٨٧ مترا وحيث أن الميقيق سوى تعيين البعد Δ (بعد رأس الزاوية عن رأس المتحن)

ويسهل تعيينه بمعلومية ان تحت المماس ضعف الاحد اثنى الاقنى لنقطة التماس أعنى

$$\text{متر } ۳,۱۳ = \left(\frac{۴}{۴} - ۱\right) \frac{۱}{۴} = (۱ - ۱) \frac{۱}{۴} = ۰ \frac{۱}{۴} = ۰ = ۰$$

وعليه فيرسم المنحنى على الأرض بموجب ما سبق ولذلك يقام من نقطة د

عمود ع ع على أ د فيكون هو محور الأفقيات ونقطة د هي أصل الاحداثيات
فيؤخذ على ع ع في كل من جهتيه أبعاد ع د و د و د ك الخ متساوية الى مقادير س
الاختيارية ثم تقام من النقط د و د و د الخ أعمدة يؤخذ على الأبعاد د ل و د ل و د ل
مساوية على التناظر الى مقادير ض التي تستخرج من معادلة $\frac{س}{م} = \frac{ض}{م}$ فيتحصل
نصف المنحنى ويكرر العمل من الجهة الأخرى للحصول على النصف الآخر

ب ٩ - المسئلة الثانية - المعلوم حزا آن غير متساوي الطول يقصد بجمعهما
بقوس من قطع مكافئ ويطلب معرفة بعده الثابت ووضع المحور الأصلي ورأس المنحنى
للمماس له ورسمه كما سبق

فتحل هذه المسألة بتدكار بعض خواص للقطع المكافئ وهي
إذا وصل من نقطة تلاقي المماسين (متساويين أو غير متساويين) الى نقطة منتصف الوتر
الواصل بين نقطتي التماس

فأولا - المستقيم المتحصل يكون قطرا أعني موازيا للمحور الأصلي
ثانيا - أن نقطة منتصف هذا المستقيم تكون من نقط المنحنى
ثالثا - ان الخط المرسوم من هذه النقطة موازيا للوتر يكون مماسا للمنحنى في النقطة
المذكورة

فلنفرض د ب نقطتا الاتصال ومن تقاطع المماسين (شكل ٧) فإذا وصل د ب
ثم ع س (نقطة ع هي منتصف ب د) كانت نقطة م التي هي منتصفه من نقط القطع
المكافئ ولومد منها د و موازيا الى د ب لكان مماسا جديدا وباشترائه جزء م و م د
مع المماسين الأصليين يتوصل لايجاد نقط أخرى من المنحنى بقدر ما يراد

ولذلك يكفي وصل الأوتار د م و م ب ثم يوصل لتتوسطها المستقيمت د أ و د ف فتكون
نقط م و م التي هي أواسط الخطوط الأخيرة نقطان من المنحنى وقس على ذلك
ولكن هذه الطريقة يصعبات عند اجرائها على الأرض سيما وان بواسطتها يندر
الحصول على تقاطع جيد للمستقيمت التي ربما تقاطع على زوايا حادة
ولتصديا لآن اذكر الطريقة السهلة فنقول

لنفرض أن النقطة م معينة بالطريقة السابقة فينتج من هذا الرسم أن م ومحور وأن م

يعلم م ح و ب و حيث كانت زاوية م ح ب = أ فيعلم ك ثم من الارتباطات الثلاثة السابقة تعلم الكمية الثابتة ع والبعدان أن وم و والرتسم على الأرض يكفي أن يرسم من الرأس م زاوية ب م ح تساوي الزاوية المستخرجة من الحساب ثم يؤخذ على اتجاه م و بعد م ح = م م - أن ومن نقطة م يقام العمود أ م الذي يكون مماساً للمنحن والرأس أ يتعين بأخذ م = م و ثم يؤخذ على أ م الاحداثيات الأفقية أي أس وأ س الخ ومن نقط م و س و س الخ تقام الأعمدة م م و م م و م م و م م الخ ويؤخذ عليها مقادير الاحداثيات الرأسية (التي توجد بوضع عوضاً عن م مقدارها في معادلة م = م م) وتجمع النقط المتحصلة فيحصل القطع المكافئ المطلوب وتكرر العملية من الرأس أ جهة م وهذه الطريقة نفيسة مضبوطة

تطبيق رقمي - ليكن م م = ٤٧٥,٢٥ متر و ب م = ٣٠٧,٠ متر

$$\text{و م م} = ٧٥ \text{ } ٥٢$$

$$\text{فيحل مثلث م م ب يحدث ب} = ٤٠ \text{ } ٢٩ \text{ } ٦٧, \text{ و م م} = ٢٠ \text{ } ٣٨ \text{ } ٣٦$$

$$\text{و م م} = ٤٩٨,٨٥٦ \text{ متر}$$

ويتحصل من مثلث م م ب ح أن أ = ٢٠ ٣ ٦٥ و ب م ح = ٤٧ ٢٧
و م م ح = ٣١٢,٧٩٨ متر ومنها يكون م م ح = ١٥٦,٣٩٩ متر
وحينئذ فيؤخذ من الارتباطات المتقدمة أن

$$\text{ك} = \frac{\text{م م}}{\text{م م}} = \frac{(٢٤٩,٤٢٨)}{١٥٦,٣٩٩} = ٣٩٧,٧٩٢ \text{ متر و}$$

$$\text{ح} = \text{ك} \text{ ج أ} = ٣٩٧,٧٩٢ \text{ ج أ} = ٢٠ ٣ ٦٥ = ٣٢٧,٠٤ \text{ متر و}$$

$$\text{أن} = \frac{١}{٤} \text{ ك ج أ} = ٩٩,٤٤٨ \text{ ج أ} = ٢٠ ٣ ٦٥ = ١٧,٦٨٨ \text{ متر و}$$

$$\text{م م} = \frac{١}{٤} \text{ ك ج أ} = ٩٩,٤٤٨ \text{ ج أ} = ٢٠ ٣ ٦٥ = ٣٦,٠٥٨ \text{ متر}$$

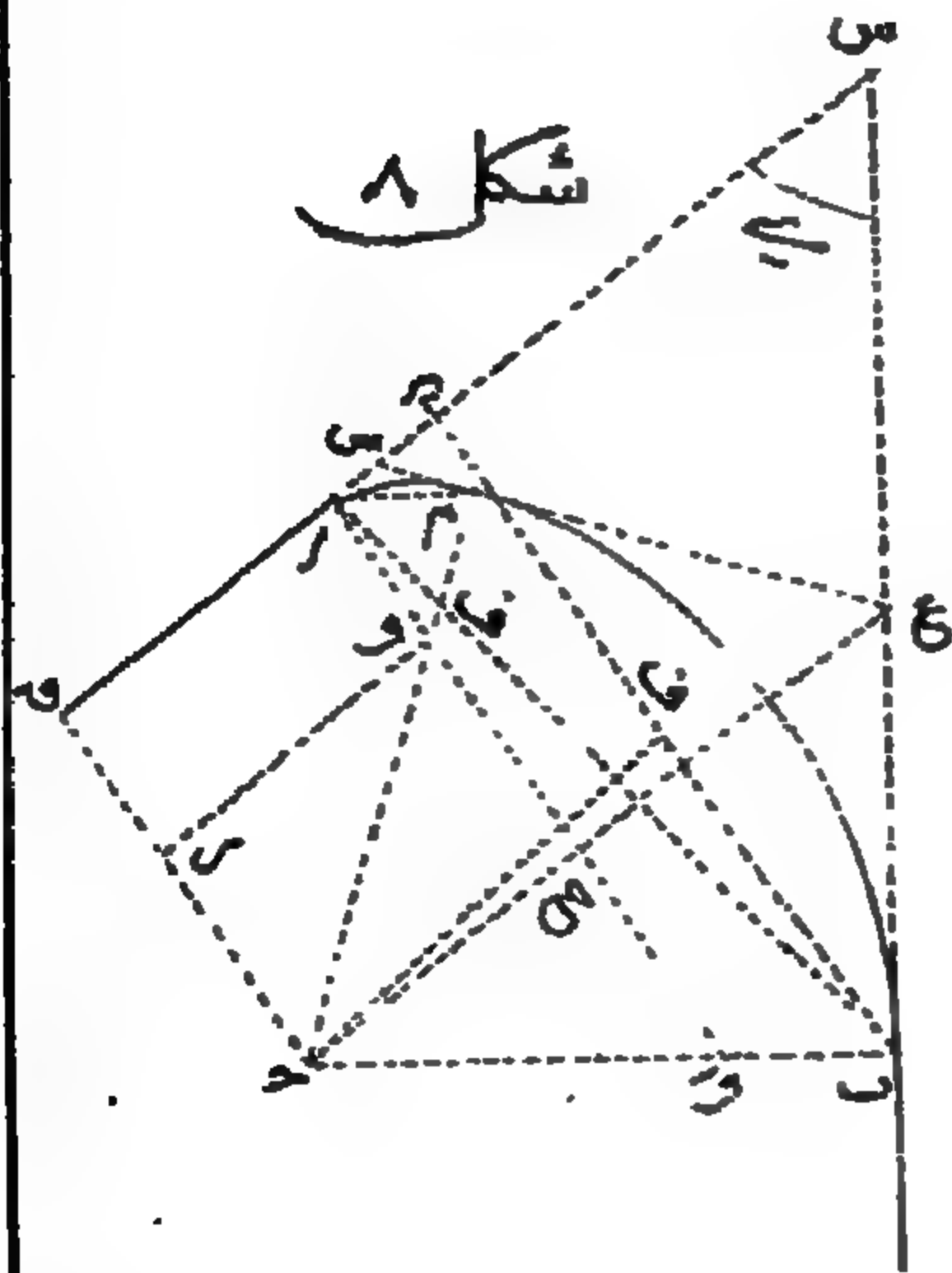
وقس على ذلك

(تبييه) - يتعين طول قوس من قطع مكافئ بهذا القانون

$$\text{طول قوس} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \epsilon + \frac{1}{2} \epsilon}}{\frac{1}{2} \epsilon} \left[\frac{1}{2} \epsilon + \frac{1}{2} \epsilon \right] \text{ لو } \frac{1}{2} \epsilon + \frac{1}{2} \epsilon$$

الذي فيه ϵ البعد الثابت و ϵ الاحداثي الرأسى العمودى على المحور مثل ϵ (شكل ٧) و لو رمز للوغاريتم النيبيريانى اللازم تحويله للوغاريتم جداولى بضربه فى أساس نيبير وهو ٢.٧١٨٢٨٣٥٠٩

(اتصال طريقين بقوسى دائرتين مماسين للطريقين ومماسين معاً)



بند - ليكن α و β (شكل ٨) هما اتجاهاً متقاطعان يراد اتصالهما بقوسين مماسين وان α و β هما نقطتا التماس المعلوم بعدهما عن نقطة γ فن المعلوم انه لو أقيم من نقطة α العمود $\alpha\delta$ على اتجاه β لكان مركز القوس الاول يوجد عليه ثم لو أقيم من نقطة β العمود $\beta\epsilon$ على $\alpha\delta$ لكان مركز القوس الثانى يوجد عليه فلو أخذ القوس الاول نصف

قطر اختياري مثل $\alpha\delta$ ثم أخذ بعد $\beta\epsilon = \alpha\delta$ ووصل $\alpha\delta$ ونصف بنقطة γ وأقيم منها عمود على $\alpha\delta$ مثل $\gamma\delta$ ومد على $\alpha\delta$ استقامته الى أن يقابل $\beta\epsilon$ فى δ لكانت هى مركز القوس الثانى ولورسم القوسان ورسم لهما مماس مشترك فانه يقابل β فى نقطة ϵ على امتداد $\gamma\delta$

وانبحث عن قانون يعلم منه أحد نصفي القطرين متى علم الثانى وطول المماسين وزاوية الرأس * ولذلك نفرض α و β و γ وان ϵ زاوية الرأس

$$\frac{\text{مجتاے} + \text{نق جاے} - \text{م}}{\text{نق} - \text{نق}} = \frac{\text{اں}}{\text{وہ}} = \frac{\text{وہ}}{\text{وہ}} = \text{جاف}$$

$$\text{وزاویه ف} = 180^\circ - (\text{ع} + \text{ف})$$

ومتى علمت مقادير هاتين الزاويتين يعلم انفراد كل من المتحنيين بسهولة
وبما انه في الاعمال يقتضى معرفة نقطة اتصال القوسين فيسهل تعيينها بعد معلومية
كل من نصفي القطرين والزاوية المركزية المقابلة لكل منهما او عليه فيعين طول مماس
كل منهما ما يجب ما سبق ثم يأخذ من نقطة ب على اتجاه ب س بعد ب ع يساوى
طول مماس القوس الذى نصف قطره ثق وبالاتساع من نقطة ا على المماس ا س
بعد ا ص يساوى مماس ثق تكون نقطتا ع و ص من المماس المشترك وبأخذ
عليه ص م = ا ص ثم ع م = ع ب تكون نقطة م هي نقطة التماس المشتركة
وبمعلوميةها واتجاه المماس ع ص يسهل رسم كل من المتحنيين كما سلف

بـالـد - في الاتصالات

المتعاكسة - لاتصال

اتجاهین بقوسین متعاکسین

تقرض ان نقطى التماسهما

۱، ب (شکل ۹)

تقسیم عمودی او و ب ه

على الاتجاهين أس وب س

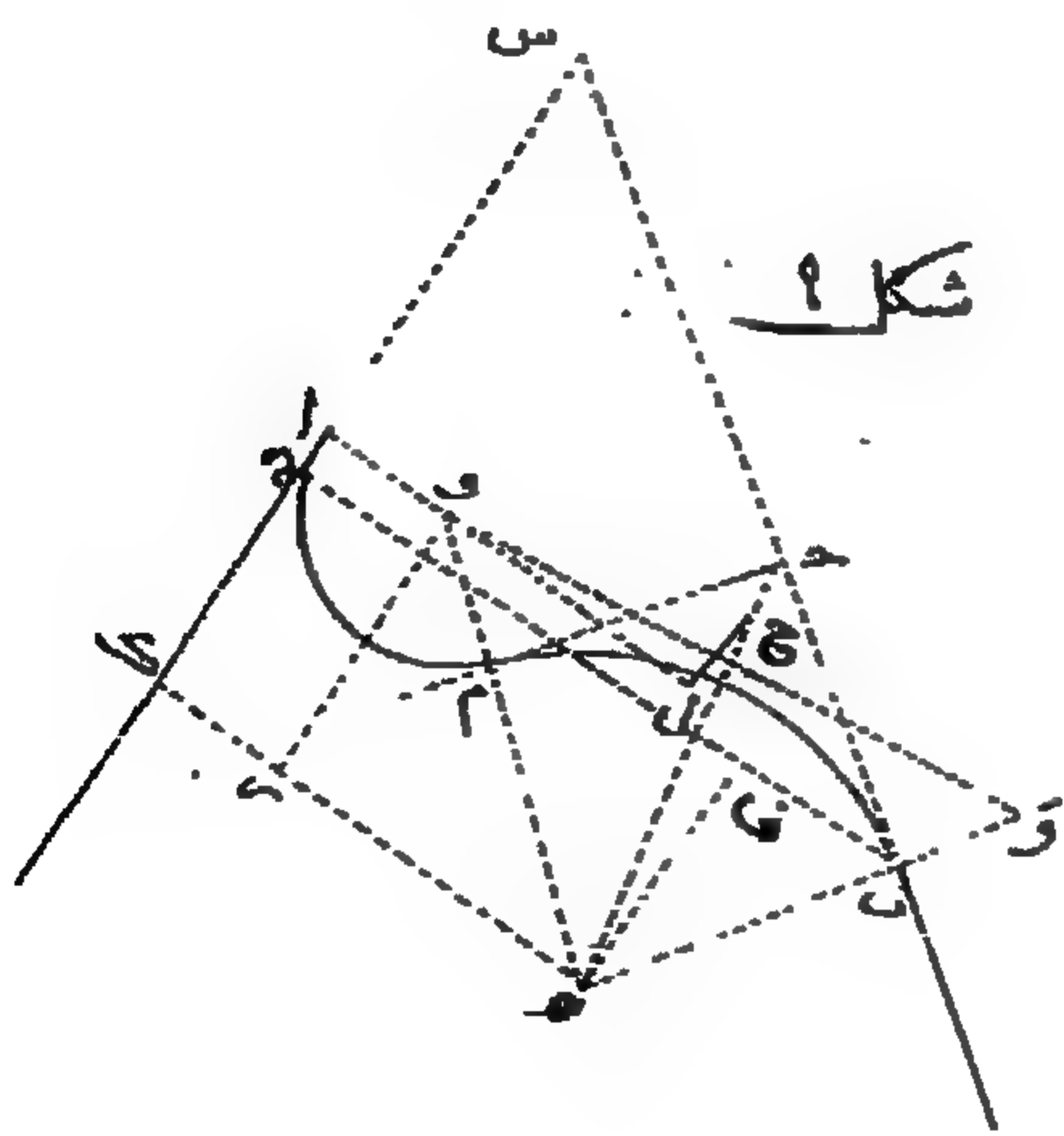
من نقطتي التماس ونأخذ

أحد نصفي القطرين بالاختيار

او ثم نأخذ على امتداد

هَبْ يَعْذِبْ وَ = اَوْ ثُمَّ تَصِلْ

وَوَاقِعُ عَلَيْهِمْ مِنْ شَتَّىٰ جَعَلَ عُدَّةً فِي قَابِلٍ وَبِ فِي نَقْطَةِ هـ تَكُونُ هِيَ مَرَكِزُ



القوس الثاني وحينئذ توجد المعادلة الرابطة لنصفي القطرين بناسقاط نقطتي ه و ب على
 أس في نقطتي ك و د وكذلك نقطة و على ه ك في ن ثم نقطة ه على ب د في ف
 فن مثلث وه ن القائم الزاوية يحدث

$$\frac{ر}{هه} = \frac{ر}{ور} = \frac{ر}{أك} = \frac{ر}{هه}$$

أو بالتعويض والرمز إلى كل من أ س و ب س بالرمزين م و م̄ ولزاوية التلاق
 بحرف ع يحدث

$$(نق + نق) = (م جتا ع + نق جتا م) + (م جتا ع - نق جتا م) = (نق - نق)$$

وبالتحليل والاختصار يحدث

$$٢(م نق + م نق) جتا ع = ٢نق نق (١ - جتا ع) = م + م - ٢م م جتا ع . . [٤]$$

وهذا هو الارتباط الواقع بين نصفي القطرين والمماسين وزاوية التلاق
 ولايجاد طول هذين المتخمين يكفي معرفة مقادير الزوايا ه و أ و وه ب
 فأما زاوية ه و أ فانها مكمل لزاوية وه ن . ويكون

$$\frac{جا ه و أ = جا وه ن = \frac{و ن}{و ه} = \frac{ك أ}{و ه} = \frac{م جتا ع + نق جتا م - م}{نق + نق}$$

وأيضا تعيين زاوية ب ه و المساوية إلى س ح م بلمستقيم حول يوازي أس فيكون
 م ح ل = م و ل ويكون س ح ل + أ س ب = ه و أ + م و ل فبطرح من كل من
 الطرفين م و ل يحدث

$$م ح س + أ س ب = ه و أ + م ح س = ه و أ - أ س ب = ب ه و$$

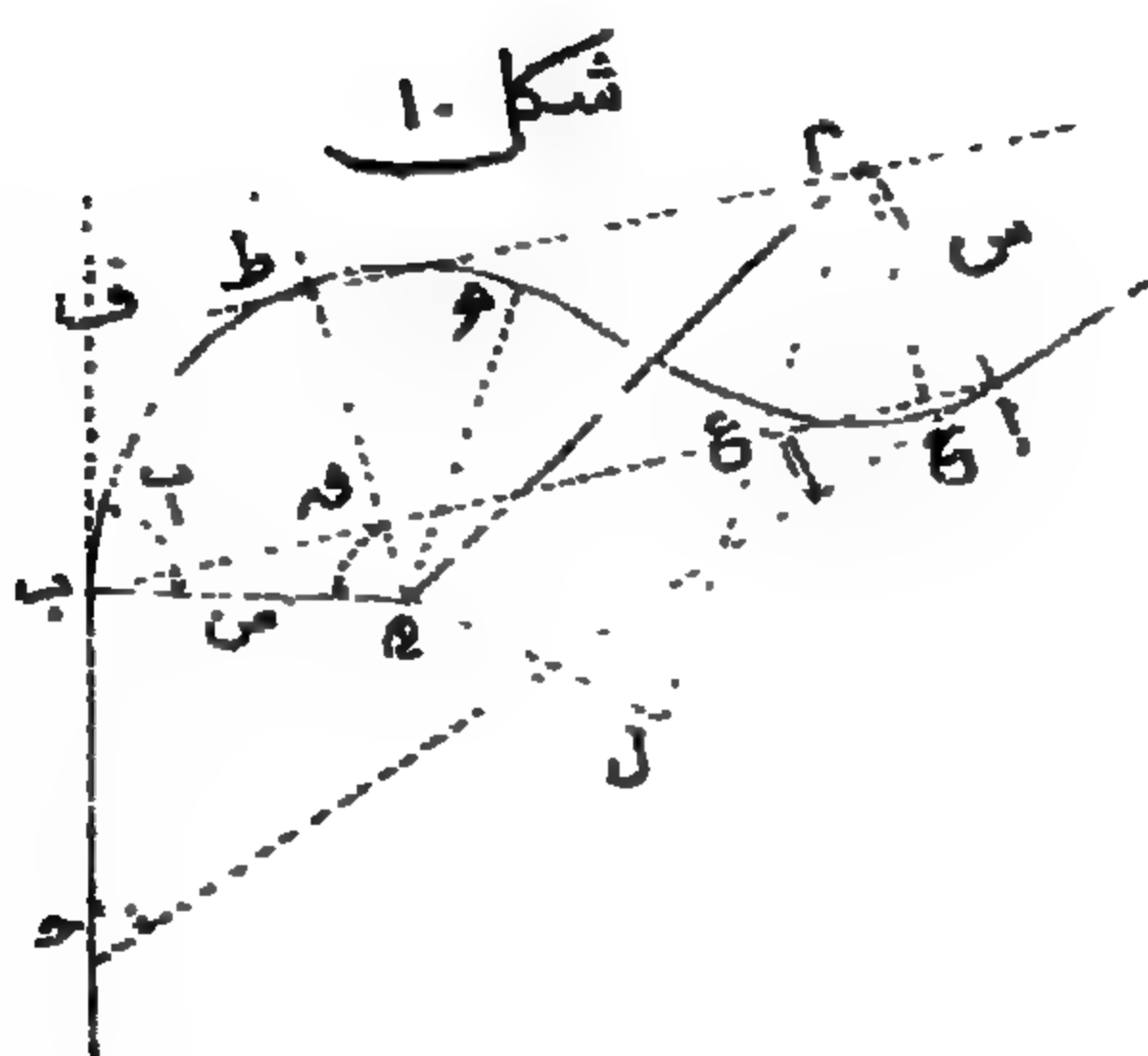
ومتى علم كل من هاتين الزاويتين يعلم أطوال الاقواس ويعلم أيضا الترتيب والزوايتان
 ح ب م و ب م ح ويحصل مثلث ح ب م ينتج بعدا ح ب و ح م وزاوية ب ح م وعليه
 فيمكن معلومية نقط التماس على الارض وتحديد المماس المشترك

فاذا كان نصفا القطرين متساويين فمعادلة [٤] تؤول إلى

$$٢(م نق + م نق) جتا ع + ٢نق نق (١ - جتا ع) = م + م - ٢م م جتا ع$$

وهذه هي معادلة بدرجة ثانية قنبرتيها وأخذ ثق مضروباً مشتمل كافي الحد الأول وقسمة كل من حدودها على مكرر المجهول بدرجة ثانية وهو ثق يحدث

$$\frac{-(m+m') + \left\{ (m+m')^2 + (m-m')^2 - 2mm' \right\}}{(m-m')^2} = \text{نق}$$



ومنها يعلم نصف القطر بعد
معلومية المماسين وزاوية
التلاق ثم بعد معلومية
المماس المشترك كما سبق
يسهل رسم المنحنيين على
الأرض بإحدى الطرق
السابقة

بہائد - جمع اتجاهين مستقيمين غير متساويي الطول بقوسين من دائرتين منعكستين حاصرتين بينهما مماس مشتركة طولها مغاوم - لذلك يسقط م د على الوتر ا ب ثم يمد د ل موازيا لى ع ه (شكل ١٠) وينزل م ل عمودا على د ل

فتكون زاوية ب د و = أ ب ف = پ = ١٨٠ - ب ، أ م ع = أ
ومن المثلث القائم الزاوية م ل و يحدث

م = م + دال وبالرمز لنصف القطر هـ بحرف ص والنصف قطر م ع
بحرف س واللبعد ع هـ بحرف ل يحدث

$$(1) \quad \overset{1}{J} + (\overset{2}{V} + \overset{2}{N}) = \overset{2}{M}$$

وبرسم μ موازيا للوتر AB يكون $\mu = c$, $\mu = c + m + n$ ومن
مثلث μ القائم الزاوية يحدث

$$(r) \dots \frac{r}{v_2} + (v_2 + r) = r$$

ومن معادلاتي (١) و (٢) يحدث

$$(٣) \dots \dots \frac{r}{u} + (u + m) = l + (s + v)$$

وبما أن $m = s$ جتا a و $a = m$ جا u و $u = s$ جتا p و $p = s$ جتا b

فيتعويض كل حد بمقداره في معادلة (٣) وتحليلها وبسطها يحدث

$$r + s = r + s (جتا ا جتا ب + جا ا جتا ب) + (س جا ا + ص جتا ب)$$

وبما أن جتا a جتا $b = جا ا جتا ب = جتا ا جتا ب$ (ب-ا) = جتا c فيحدث

$$s + (١ - جتا c) = (س جا ا + ص جتا ب) = \frac{r}{p}$$

ويمكن وضعها هكذا

$$c (س جا ا + ص جتا ب) + r = s جا c = \frac{r}{p} \dots \dots (٤)$$

ومعادلة (٤) هي المعادلة الرابطة لنصفي القطرين s و v فتي كانا متساويين تؤول الى

$$c (س جا ا + ص جتا ب) + r = s جا c = \frac{r}{p} \dots \dots (٥)$$

ومعادلة (٥) هي معادلة بدرجة ثانية يمكن استخراج منها مقدار s وبعد ذلك يسهل

رسم كل من المنحنين كما سبق

* (تم بحمد الله وعونه وحسن توفيقه) *

١
* (فهرست الجزء الاول من كتاب الطبوغرافيا) *

صفحة	
٣	مقدمة
٤	الباب الاول - رسم الخريط والالات التي تستعمل لذلك
٥	الفصل الاول - في التشخيص
٧	الفصل الثاني - المبحث الاول - قياس الأبعاد بالمترو والمسطرة المعتادة
٨	المبحث الثاني - تركيب مساطر كليرك وكيفية القياس بها
١٢	المبحث الثالث - في الجزير واستعماله - وطريقة تحويل الميل الى الافق
١٨	المبحث الرابع - في الشريط الصلب والشريط العادي
٢٠	المبحث الخامس - آلة استاديا وشرحها واستعمالها
٢٦	الفصل الثالث - في المقاييس - المبحث الاول - تعاريف
٢٩	المبحث الثاني - كيفية انشاء المقاييس ذات الشبكات واستعمالها
٣٦	المبحث الثالث - في المقاييس المرسومة على خط واحد
٣٨	الفصل الرابع - الآلات المعدة لقياس الزوايا - المبحث الاول - مثلث المساح وتحقيقه واستعماله
٤٩	المبحث الثاني - مثلث المرايات - وشرح مثلث المرايات اختراع لبيكنس وتحقيقه واستعماله
٥٦	المبحث الثالث - في الجرافومتر وتحقيقه
٥٩	في الويرنيه
٦٤	المبحث الرابع - في البنتومتر وتحقيقه
٦٨	المبحث الخامس - في البوصلة وتحقيقتها وتصليحاتها وشروطها
٨١	المبحث السادس - تطبيقات عملية ومسائل خاصة بالجزير والشاخص ورسم قطعة أرض بهما
٩٦	المبحث السابع - استعمال المثلث المساح لرسم قطعة أرض وعمل مساحتها
٩٩	المبحث الثامن - استعمال الجرافومتر وحل بعض مسائل وقياس الارتفاعات به

- ١٠٥ المبحث التاسع - استعمال البينطومتر - نقل الزوايا .
- ١٠٨ المبحث العاشر - استعمال البوصله ورسم الخريظه التي عملت بها
- ١١٩ المبحث الحادى عشر - فى البلا نشيطه وشروطها وبوصله الانحراف
- ١٢٦ استعمال البلا نشيطه والاحتراسات اللازمه عند استعمالها وشروط العضاده وحل بعض مسائل بالبلا نشيطه
- ١٣٨ الباب الثانى - كيفية نقل المسودات وتبييضها وتجميعها
- ١٤٢ البينتوجراف واستعماله
- ١٤٧ رسم الخريط المنقوله والمسودات وتبييضها
- ١٥٢ الباب الثالث - فى أخذ مساحات الاراضى
- ١٦١ ملاندويوى
- ١٦٣ البلا نيمتر القطبى للفعلم امسليرو استعماله
- ١٦٦ كيفية تخطيط منحنيات الاتصال للطرق والسكك الحديد
- ١٦٦ تعيين النقط الاصلية بالحساب لتحضى الاتصال الدائرى وطرق رسمه على الارض
- ١٧٢ طرق جمع اتجاهين بجزء من قطع مكافى وكيفية رسمه على الارض
- ١٧٧ اتصال طريقين بقوسى دائرتين مماستين للطريقين ومماسين معا
- ١٧٩ الاتصالات المتعاكسة
- ١٨١ جمع اتجاهين مستقيمين غير متساويى الطول بقوسين من دائرتين متعاكستين حاصرين بينهما مماس مشترك طوله معلوم

ESEN-CPS-BK-0000000883-ESE

465150

